

EP 03/12626

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 23 DEC 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 36 783.7

**Anmeldetag:** 8. August 2003

**Anmelder/Inhaber:** Merck Patent GmbH, Darmstadt/DE

**Bezeichnung:** Elektrooptisches Lichtsteuerelement, elektro-  
optische Anzeige und Steuermedium

**IPC:** G 02 F 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

*W. Weber*

*W. Weber*

**Merck Patent Gesellschaft  
mit beschränkter Haftung  
64271 Darmstadt**

**Elektrooptisches Lichtsteuerelement,  
elektrooptische Anzeige und Steuermedium**

## **Elektrooptisches Lichtsteuerelement, Anzeige und Steuermedium**

### Gebiet der Erfindung

5 Die vorliegende Erfindung betrifft Lichtsteuerelemente, diese enthaltende Anzeigen, sowie Lichtsteuermedien. Die Lichtsteuerelemente verwenden bevorzugt Steuermedien die bei bestimmten Temperaturen anisotrope Eigenschaften aufweisen, wie z. B. Flüssigkristalle. Die Lichtsteuer-  
10 elemente werden bei einer Temperatur betrieben, bei der die Steuermedien in der Blauen Phase vorliegen. Ähnliche Anzeigen, die Steuermedien verwenden, die in der isotropen Phase vorliegen sind DE 102 17 273.0 und in der bislang unveröffentlichten Patentanmeldungen DE 102 41 301.0 vom 04.09.2002, zwei weiteren Anmeldungen der Anmelderin der vorliegenden Anmeldung, beschrieben.

15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrooptisches Lichtsteuerelement sowie solche Elemente enthaltende elektrooptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore, sowie die in den Lichtsteuerelementen verwendeten  
20 Steuermedien. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten ein mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerelemente in der Blauen Phase vorliegt. Sie sind neben einem guten Kontrast und einer geringen Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts, kurzen Schaltzeiten und relativ niedriger Betriebsspannung besonders durch eine geringe  
25 Temperaturabhängigkeit der Betriebsspannung ausgezeichnet.

Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung auch mesogene Medien und deren Verwendung als Steuermedien in derartigen  
30 Lichtsteuerelementen.

### Aufgabe und Stand der Technik

35 Konventionelle elektrooptischen Flüssigkristallanzeigen sind allgemein bekannt. Sie werden bei einer Temperatur betrieben, bei der sich das Steuermedium in einer optisch anisotropen Mesophase befindet. Bei den meisten Anzeigetypen werden die Steuermedien in der nematischen

Phase verwendet. In der Mesophase haben die Steuermedien bereits anisotrope Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Doppelbrechung ( $\Delta n$ ). Diese wird nicht erst durch ein elektrisches Feld induziert. Am weitesten verbreitet sind TN- (Englisch: „twisted nematic“) und STN- (Englisch: „super twisted nematic“) Anzeigen. Die Flüssigkristallzellen dieser Anzeigen haben Elektroden auf den Substraten auf den beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Flüssigkristallmediums. Somit ist das elektrische Feld im wesentlichen vertikal zur Flüssigkristallschicht. Insbesondere die zuerst genannten Anzeigen werden in Kombination mit einer TFT (Englisch: „thin film transistor“) Ansteuerung für Anzeigen mit großem Informationsgehalt und großer Auflösung verwendet. So zum Beispiel in „lap-top“ und „note-book“ Computern. Insbesondere bei „desk-top“ Computermonitoren werden in neuerer Zeit zunehmend Flüssigkristallanzeigen des IPS-Typs (Englisch: „in-plane switching“, z. B. DE 40 00 451 und EP 0 588 568) oder alternativ des VAN-Typs (Englisch: „vertically aligned nematic“) verwendet. VAN-Anzeigen sind eine moderne Variante der ECB-Anzeigen (Englisch: „electrically controlled birefringence“). In einer weiteren, modernen Variante, den MVA-Anzeigen (Englisch: „multi domain vertically aligned“) werden pro angesteuerter Elektrode mehrere Domänen stabilisiert und zusätzlich wird eine spezielle optische Kompensationsschicht verwendet. Diese Anzeigen verwenden, wie die bereits erwähnten TN-Anzeigen, ein zur Flüssigkristallschicht vertikales elektrisches Feld. Im Gegensatz hierzu verwenden IPS-Anzeigen in der Regel Elektroden auf nur einem Substrat, also an einer Seite der Flüssigkristallschicht, sind also durch eine wesentliche Komponente des elektrischen Felds parallel zur Flüssigkristallschicht gekennzeichnet.

Alle konventionellen Anzeigen haben relativ lange Schaltzeiten, insbesondere sind die Schaltzeiten für TV- und Multi-Media-Anwendungen, die immer stärkere Verbreitung finden, oft nicht ausreichend kurz. Dieses fällt insbesondere im Vergleich mit den bislang nahezu ubiquitären Kathodenstrahlröhren auf. Ein weiterer Nachteil der bekannten, in Flüssigkristallanzeigen eingesetzten elektro-optischen Effekte ist die bei den meisten Typen deutlich ausgeprägte Blickwinkelabhängigkeit des erzielten Kontrasts. Diese ist in den meisten Fällen so groß, dass für



Anzeigen im Direktsichtbetrieb in der Regel Kompensationsschichten, typischerweise anisotrope Filme, mit zum Teil kompliziertem Aufbau, verwendet werden müssen.

5 In DE 102 17 273.0 werden Lichtsteuerelemente beschrieben, bei denen das mesogene Steuermedium bei der Betriebstemperatur in der isotropen Phase vorliegt. Diese Lichtsteuerelemente schalten besonders schnell und haben eine gute Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts. Allerdings sind die Ansteuerspannungen für viele Anwendungen zu hoch. Somit besteht der  
10 Bedarf nach verbesserten Lichtsteuerelementen insbesondere mit verringerter Ansteuerspannung.

In der ebenfalls unveröffentlichten Anmeldung DE 102 41 301.0 werden  
15 spezielle Elektrodenstrukturen vorgeschlagen, die zur einer signifikanten Verringerung der Betriebsspannungen führen. Allerdings bedingen diese Elektrodenstrukturen einen deutlich größeren Aufwand bei der Herstellung der Lichtsteuerelemente.

20 Die in DE 102 17 273.0 und DE 102 41 301.0 vorgeschlagenen Lichtsteuerelemente weisen außerdem eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit auf. Der durch das elektrische Feld in den Steuermedien in der isotropen Phase induzierte elektrooptische Effekt ist bei Temperaturen nahe des Klärpunkts der Steuermedien am stärksten ausgeprägt. Hier haben die Lichtsteuerelemente die niedrigsten  
25 charakteristischen Spannungen, also werden hier die geringsten Betriebsspannungen benötigt. Mit steigender Temperatur steigen die charakteristischen Spannungen und damit die Betriebsspannung deutlich an. Typische Temperaturabhängigkeiten der Schwellenspannung liegen im Bereich von einigen Volt pro Grad bis zu Zehn und mehr Volt pro Grad. In  
30 erster Näherung kann die relative Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen der verschiedenen Lichtsteuerelemente mit isotropem Steuermedium nach DE 102 17 273.0 und DE 102 41 301.0 als vom eingesetzten Medium und als von der Elektrodenstruktur unabhängig angesehen werden. In DE 102 17 273.0 werden isotrope  
35 Medien mit einigen deutlich variierenden Zusammensetzungen beschrieben, die in Lichtsteuerelementen, die in der isotropen Phase

betrieben werden, eingesetzt werden können, wohingegen in DE 102 41 301.0 verschiedene Elektrodenstrukturen offenbart werden. Die relative Temperaturabhängigkeit der Schwellenspannung liegt bei einer Temperatur von 1° oberhalb des Klärpunkts in der Größenordnung von 50%/Grad. Mit steigender Temperatur nimmt sie ab. Bei einer Temperatur von 5° oberhalb des Klärpunkts liegt sie in der Größenordnung von einigen 10%/Grad.

Für die in praktischen Anzeigen verwendete Lichtsteuerelemente, ist diese Temperaturabhängigkeit des elektrooptischen Effekts meist zu groß. In der Regel sind Effekte erwünscht, deren Betriebsspannungen über einen Temperaturbereich von mindestens einigen Grad, bevorzugt über 5° oder mehr, besonders bevorzugt über 10° oder mehr und ganz besonders bevorzugt über 20° oder mehr nahezu unabhängig von der Betriebstemperatur sind.

Die alternative Realisierung einer elektronischen Nachführung der Ansteuerspannung ist relativ aufwendig. Einerseits führt sie in der Regel zum Verlust eines Teils der verfügbaren Ansteuerspannung, da diese ja auch bei der höchsten Betriebstemperatur noch ausreichend groß sein muß. Andererseits ist sie mit einigem Meß- und Regelaufwand verbunden. So muß die aktuelle Temperatur des Lichtsteuerelements bestimmt werden. Bei Anzeigen mit einer größeren Fläche kann eventuell sogar die Bestimmung eines Temperaturgradienten bzw. der Temperaturen an mehreren Stellen der Anzeige erforderlich sein.

Die weitere Alternative, die Temperatur der Lichtsteuerelemente konstant zu halten, ist ebenfalls nicht leicht zu realisieren. Aus offensichtlichen praktischen Gründen muß hierzu die Anzeige geheizt werden. Diese Alternative erfordert ebenfalls die Bestimmung der Temperatur der Lichtsteuerelemente.

Dadurch lässt sich der Vorteil eines besonders guten Kontrasts der in DE 102 17 273.0 beschriebenen Anzeigen, die ein isotropes Steuermedium verwenden, praktisch nicht leicht ausnutzen.

Somit ist ersichtlich, dass ein großer Bedarf an Lichtsteuerelementen, die ein Steuermedium in einer optisch isotropen Phase verwenden, besteht, die eine geringe Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen zeigen.

5

Flüssigkristalle mit entsprechend starker chiraler Verdrillung können eine oder mehrere optisch isotrope Phasen aufweisen. Diese Phasen erscheinen bei entsprechendem cholesterischen Pitch, in einer ausreichend großen Schichtdicke leicht bläulich. Aus diesem Grund werden sie als Blaue Phasen bezeichnet (Gray and Goodby, „Smectic Liquid Crystals, Textures and Structures“, Leonhard Hill, USA, Canada (1984)).

10

Die Effekte elektrischer Felder auf Flüssigkristalle, die in einer Blauen Phase vorliegen, werden beispielsweise in H.S. Kitzerow, „The Effect of Electric Fields on Blue Phases“, Mol. Cryst. Liq. Cryst, (1991), Bd. 202, S. 51-83 beschrieben. Dort werden auch die bislang identifizierten drei Arten Blauer Phasen (BP I bis BP III) erwähnt, die in feldfreien Flüssigkristallen beobachtet werden können. Es werden jedoch keine elektrooptischen Anzeigen, die eine feldinduzierte Doppelbrechung ausnutzen, beschrieben. Unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes können weitere Blaue Phasen oder andere Phasen auftreten, die von den Blauen Phasen I, II und III verschieden sind.

15

20

25

Der vorliegenden Erfindung lag somit die Aufgabe zugrunde, besonders schnell schaltende Lichtsteuerelemente die ein Steuermedium verwenden, das im feldfreien Zustand in einer optisch isotropen Phase vorliegt, mit gutem Kontrast, guter Blickwinkelabhängigkeit, niedrigen Ansteuer-  
spannungen und insbesondere mit einer geringen Temperaturabhängigkeit der Ansteuerspannung zu realisieren und die dafür nötigen Steuermedien bereitzustellen. Diese Lichtsteuerelemente sollen eine möglichst geringe Schichtdicke der Steuermedien aufweisen um als Elemente von FPDs (Englisch: flat panel displays, also flachen Anzeigen), wie zum Beispiel Flachbildschirmen für Computer, eingesetzt werden zu können. Ferner sollen sie mittels einer möglichst einfachen Elektrodenkonfiguration ansteuerbar sein.

30

35

Vorliegende Erfindung

Überraschender Weise wurde gefunden, dass, wie im Folgenden  
beschrieben, Lichtsteuerelemente die, wie die in der unveröffentlichten  
Anmeldung DE 10217273.0 beschriebenen Lichtsteuerelemente,  
Steuermedien in einer optisch isotropen Phase verwenden, deutlich  
verbessert werden können, wenn Steuermedien verwendet werden, die in  
der Blauen Phase vorliegen. Insbesondere können so Lichtsteuerelemente  
mit deutlich verringerter Temperaturabhängigkeit der charakteristischen  
Spannungen und damit der Betriebsspannung realisiert werden.

Die elektrooptischen Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden  
Erfindung umfassen

- ein oder mehrere, bevorzugt ein oder zwei, besonders  
bevorzugt zwei Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- ein oder mehrere Element zur Polarisierung des Lichts und
- ein Steuermedium,

und sind dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei  
der das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in einer  
optisch isotropen Phase vorliegt und dass
- das Steuermedium eine Blauen Phase aufweist und / oder
- das mesogene Steuermedium eine chirale Komponente,  
Komponente (A), die aus einer oder mehreren chiralen  
Verbindungen besteht und bevorzugt und
- optional eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus  
einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht, enthält  
und dass
- die Elektrodenanordnung optional ein elektrisches Feld mit  
einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des  
mesogenen Steuermediums erzeugen kann.

Bevorzugt wird eine Elektrodenanordnung verwendet, die ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann.

5 Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung näher erläutert.

10 Bevorzugt wird als Steuermedium des Lichtsteuerelements ein mesogenes Medium verwendet. Als mesogene Medien bzw. Verbindungen werden in der vorliegenden Anmeldung Medien bzw. Verbindungen bezeichnet, die eine Mesophase aufweisen, die in einer Mesophase löslich sind oder die eine Mesophase induzieren. Die Mesophase ist eine smektische, eine nematische oder eine Blaue Phase. Hierbei sind die smektische Phase bzw. die nematische Phase bevorzugt chiral. In der vorliegenden  
15 Anmeldung werden die Begriffe „chirale nematische Phase“ und „cholesterische Phase“ synonym verwendet, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben. Der Begriff „Blaue Phase“ steht für jede der bekannten Blauen Phasen und umfasst auch mehrere dieser Phasen gleichzeitig, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben.

20 Bei Anlegen eines elektrischen Felds können feldinduzierte Phasen, wie z.B. BPH und BPX auftreten. Bei elektrischen Feldern mit großer Feldstärke ist ferner ein Phasenübergang in eine Phase möglich, die ohne elektrisches Feld bei einer niedrigeren Temperatur auftritt. Die Bestimmung der Phasen zur Charakterisierung der Materialien, besonders der Steuermedien selbst bezieht sich immer auf den Fall, dass kein  
25 elektrisches Feld vorliegt, wohingegen die Bestimmung der Phasen bei der Charakterisierung und der Lichtsteuerelemente unter Anlegen einer entsprechenden Spannung erfolgt, in der Regel der Betriebsspannung, bzw. der Schwellenspannung, soweit nicht ausdrücklich anders  
30 angegeben.

Bevorzugt weisen die Steuermedien eine Blaue Phase auf, besonders bevorzugt eine Blaue Phase und eine weitere Mesophase, bevorzugt eine cholesterische Phase.

35

Als bevorzugtes Medium zur Untersuchung der mesogenen Eigenschaften der Materialien die keine Mesophase aufweisen wird die nematische Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland verwendet. Bevorzugt haben die mesogenen Materialien einen aus 10%-iger Lösung in dieser Mischung extrapolierten Klärpunkt von  $-50^{\circ}\text{C}$  oder mehr, besonders bevorzugt von  $-20^{\circ}\text{C}$  oder mehr und ganz besonders bevorzugt von  $0^{\circ}\text{C}$  oder mehr.

Das Steuermedium enthält eine chirale Dotierkomponente, Komponente (A), und optional eine achirale Komponente, Komponente (B).

Die chirale Komponente (A) enthält eine oder mehrere chiralen Verbindungen, bevorzugt besteht sie aus diesen Verbindungen. Diese chiralen Verbindungen haben eine mesogene Struktur und weisen bevorzugt selbst eine oder mehrere Mesophasen, bevorzugt mindestens eine cholesterische Phase auf.

In einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das mesogene Steuermedium nur aus der chiralen Komponente (A). In diesem Fall enthält das Steuermedium eine oder mehrere, bevorzugt zwei oder mehr, besonders bevorzugt drei, vier oder mehr chirale Verbindungen. Bevorzugt enthält das Steuermedium eine oder mehrere Verbindungen, die bevorzugt eine cholesterische Phase aufweisen. In bestimmten Ausführungsformen kann das Steuermedium jedoch auch vorteilhaft eine oder mehrere chirale Verbindungen enthalten, von denen eine, mehrere oder alle selbst keine Mesophase aufweisen. In diesem Fall sind chirale Verbindungen bevorzugt, die einen Schmelzpunkt oberhalb von Umgebungstemperatur haben, da diese sich besser handhaben lassen. Außerdem sind besonders in diesem Fall Verbindungen mit einer großen HTP, also Verbindungen, die bereits beim Einsatz geringer Konzentrationen in nematischen Hostmischungen eine kurzen cholesterischen Pitch induzieren, bevorzugt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform, die mit den oben beschriebenen Ausführungsformen, besonders mit der im letzten Absatz beschriebenen Ausführungsform identisch sein kann, werden nur eine

oder zwei chirale Verbindungen, bevorzugt nur eine chirale Verbindung eingesetzt.

5 In einer weiteren, bevorzugten, Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das mesogene Steuermedium aus einer chiralen Komponente (A) und einer achiralen Komponente (B). In diesem Fall enthält die chirale Komponente eine oder mehrere, bevorzugt zwei oder mehr chirale Verbindungen und die achirale Komponente (B) eine oder mehrere, bevorzugt zwei oder mehr, besonders bevorzugt drei, vier oder mehr achirale Verbindungen.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform weist eine chirale Verbindung oder weisen mehrere der chiralen Verbindungen der Komponente (A) eine Mesophase, bevorzugt eine cholesterische Phase auf. In dieser Ausführungsform beeinflussen die chiralen Verbindungen die physikalischen Eigenschaften der mesogenen achiralen Komponente (B), wie z.B. den Klärpunkt, die Doppelbrechung und die dielektrische Anisotropie, relativ wenig und es können auch entsprechend große Konzentrationen der chiralen Komponente (A) eingesetzt werden, die die Verwendung von Verbindungen mit relativ kleiner HTP ermöglichen.

20 Neben den physikalischen Eigenschaften der mesogenen, achiralen Komponente (B), wie z.B. den Klärpunkt, die Doppelbrechung und die dielektrische Anisotropie, die relativ wenig geändert werden induziert die chirale Komponente (A) jedoch eine völlig andere Phase, eine Blaue Phase, deren Struktur von der, der nematischen und cholesterischen Phase völlig verschieden sind.

30 In einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist die chirale Verbindung, bzw. weisen die chiralen Verbindungen der Komponente A keine Mesophase auf. Diese Ausführungsform ist besonders dann bevorzugt, wenn die chirale Komponente (A) eine große HTP in der achiralen Komponente (B) besitzt, da dann der gewünschte niedrige cholesterische Pitch mit einer kleinen Konzentration der chiralen Komponente (A) erhalten werden kann, was dazu führt, dass die

35 physikalischen Eigenschaften des Steuermediums, wie z.B. den Klärpunkt,

die Doppelbrechung und die dielektrische Anisotropie, nur wenig gegenüber denen der achiralen Komponente (B) verändert werden.

5 Die physikalischen Eigenschaften, wie z.B. den Klärpunkt, die Doppelbrechung und die dielektrische Anisotropie, der Medien, die sowohl die chirale Komponente (A), als auch die achirale Komponente (B) enthalten sind in der Regel nicht mit den bei nematischen Flüssigkristallmischungen üblichen Methoden zugänglich. In diesem Fall wird zu Bestimmung der entsprechenden physikalischen Eigenschaften die  
10 chirale Komponente (A) ersetzt durch eine achirale Komponente (A') mit gleicher Konzentration. Die achirale Komponente (A') enthält die selbe Verbindung, bzw. die selben Verbindungen in den gleichen Konzentrationen wie die Komponente (A). Im Gegensatz zur Komponente (A) enthält die Komponente (A') jedoch nicht die chiralen Verbindungen,  
15 sondern die entsprechenden Racemate, also eine unchirale Mischung der jeweiligen beiden entsprechenden Enantiomere jeder der Verbindungen im Verhältnis 1:1.

20 In dem Medium, das sowohl Komponente (A) als auch Komponente (B) enthält tritt die Blaue Phase auf.

25 Bevorzugt weisen eine oder mehrere der achiralen Verbindungen der Komponente (B) eine Mesophase, bevorzugt eine smektische und/oder nematische, bevorzugt eine nematische Phase auf.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung macht die achirale Komponente (B) den überwiegenden Teil des Steuermediums aus. In dieser Ausführungsform beträgt die Konzentration der chiralen Komponente im Steuermedium bevorzugt 0,5% bis 45%, besonders bevorzugt 1% bis 35% und ganz besonders bevorzugt 3% bis 25%.

35 In dieser Ausführungsform kann der cholesterische Pitch des Steuermediums in der cholesterischen, auch chiral nematisch genannten, Phase in erster Näherung durch Gleichung (1) wiedergegeben werden.

$$P = (HTP \cdot c)^{-1} \quad (1)$$



worin  $P$  den cholesterischen Pitch,  
 $c$  die Konzentration der chiralen Komponente (A) und  
 HTP (Englisch „helical twisting power“) eine Konstante,  
 die das Verdrillungsvermögen der chiralen  
 Substanz charakterisiert und von der chiralen  
 Substanz (Komponente (A)) und von der achiralen  
 Komponente (B) abhängt

darstellt.

Soll die Bestimmung des Pitches genauer erfolgen, kann die Gleichung (1) entsprechend abgewandelt werden. Meist wird hierzu die Entwicklung des cholesterischen Pitches in Form eines Polynoms (2) verwendet.

$$P = (\text{HTP} \cdot c)^{-1} + (\alpha_1 \cdot c)^{-2} + (\alpha_2 \cdot c)^{-3} + \dots \quad (2)$$

worin die Parameter die oben bei Gleichung (1) gegebene  
 Bedeutung haben und

$\alpha_1$  und  $\alpha_2$  Konstanten die von der chiralen Komponente  
 (A) und von der achiralen Komponente (B)  
 abhängen

darstellen.

Das Polynom kann bis zu dem Grad fortgeführt werden, der die  
 gewünschte Genauigkeit ermöglicht.

Besteht die chirale Komponente (A) aus zwei oder mehreren  
 Verbindungen wird Gleichung (1) abgewandelt zu Gleichung (3).

$$P = [\sum_i (\text{HTP}(i) \cdot c_i)]^{-1} \quad (3)$$

worin  $P$  den cholesterischen Pitch,  
 $c_i$  die Konzentration der i-ten Verbindung der  
 chiralen Komponente (A) und  
 HTP(i) die HTP der i-ten Verbindung der chiralen  
 Komponente (A) in der achiralen Komponente (B)

darstellt.

Die Temperaturabhängigkeit der HTP wird üblicherweise auch in einer Polynomentwicklung (4) dargestellt, wobei oft bereits nach dem linearen Glied abgebrochen werden kann.

$$\text{HTP}(T) = \text{HTP}(T_0) + \beta_1 \cdot (T - T_0) + \beta_2 \cdot (T - T_0)^2 + \dots \quad (4)$$

worin die Parameter die oben bei Gleichung (1) gegebene Bedeutung haben und

$T$  die Temperatur,

$T_0$  die Bezugstemperatur,

$\text{HTP}(T)$  die HTP bei der Temperatur  $T$ ,

$\text{HTP}(T_0)$  die HTP bei der Temperatur  $T_0$  und

$\beta_1$  und  $\beta_2$  Konstanten die von der chiralen Komponente (A) und von der achiralen Komponente (B) abhängen

darstellen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die chirale Komponente (A) eine oder mehrere chirale Verbindungen mit einer HTP (Englisch „helical twisting power“) in der kommerziellen, nematischen Wirtsmischung MLC-6260 der Fa. Merck KGaA, Darmstadt von  $10 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr, bevorzugt von  $30 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr, besonders bevorzugt von  $50 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr und ganz besonders bevorzugt von  $90 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die chirale Komponente (A) zwei oder mehr chirale Verbindungen.

Bevorzugt haben die chiralen Verbindungen alle das selbe Vorzeichen der HTP.

Bevorzugt hat das Steuermedium eine charakteristische Temperatur, bevorzugt einen Klärpunkt, im Bereich von  $-30^\circ\text{C}$  bis  $80^\circ\text{C}$ , bevorzugt bis  $55^\circ\text{C}$ .

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten bevorzugt ein mesogenes Medium, das bei Betriebstemperatur in der Blauen Phase vorliegt. Dieses Medium befindet sich zweckmäßiger Weise auf bzw. unter einem Substrat.

5

In der Regel befindet sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten. Diese Ausführungsform ist bevorzugt. Wenn sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten befindet ist mindestens eines dieser Substrate lichtdurchlässig. Das lichtdurchlässige Substrat, bzw. die lichtdurchlässigen Substrate können z. B. aus Glas, Quarz oder Kunststoff bestehen. Wird ein Substrat verwendet, das nicht lichtdurchlässig ist, so kann dies unter anderem aus einem Metall oder einem Halbleiter bestehen. Diese Medien können als solche verwendet werden oder auf einem Träger, z.B. einer Keramik, vorliegen. Ist das Steuermedium ein polymeres Medium so kann gegebenenfalls auf die Verwendung eines zweiten Substrats verzichtet werden. Polymere Steuermedien können sogar selbsttragend ausgeführt werden. In diesem Fall wird gar kein Substrat benötigt.

10

15

20

Die Betriebstemperatur des Lichtsteuerelements liegt bevorzugt oberhalb der charakteristischen Temperatur des Steuermediums, in der Regel der Übergangstemperatur des Steuermediums in die Blaue Phase, in der Regel im Bereich von  $0,1^{\circ}$  bis  $50^{\circ}$  oberhalb dieser Temperatur, bevorzugt im Bereich von  $0,1^{\circ}$  bis  $10^{\circ}$  oberhalb dieser Temperatur und besonders bevorzugt im Bereich von  $0,1^{\circ}$  bis  $5^{\circ}$  oberhalb dieser Temperatur. Bevorzugt liegt die Betriebstemperatur im Bereich der von der Übergangstemperatur des Steuermediums in die Blaue Phase bis zur Übergangstemperatur des Steuermediums in die isotrope Phase, dem Klärpunkt, reicht. Die Lichtsteuerelemente können jedoch, wie in DE 101 17 273.0 beschrieben, auch noch bei Temperaturen betrieben werden, bei denen das Steuermedium in der isotropen Phase vorliegt. Dann nimmt jedoch die Temperaturabhängigkeit der Betriebsspannung zu, was in der Regel unerwünscht ist.

25

30

35

Der Betriebstemperaturbereich der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente erstreckt sich bevorzugt mindestens über einen

Temperaturbereich von 20° oder mehr, bevorzugt von 30° oder mehr bevorzugt von 40° oder mehr besonders bevorzugt von 60° oder mehr und ganz besonders bevorzugt von 80° oder mehr. Bevorzugt erstreckt sich der Betriebstemperaturbereich der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente mindestens von 10°C oder weniger bis 50°C oder mehr, bevorzugt mindestens von 0°C oder weniger bis 60°C oder mehr, besonders bevorzugt mindestens von -20°C oder weniger bis 80°C oder mehr, ganz besonders bevorzugt mindestens von -30°C oder weniger bis 100°C oder mehr und am meisten bevorzugt mindestens von -40°C oder weniger bis 120°C oder mehr.

In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich der Betriebstemperaturbereich der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente relativ zur charakteristischen Temperatur des Steuermediums mindestens bis 50°C oder mehr oberhalb der charakteristischen Temperatur, besonders bevorzugt mindestens von -5°C oder weniger unterhalb der charakteristischen Temperatur bis 60°C oder mehr oberhalb der charakteristischen Temperatur und ganz besonders bevorzugt mindestens von -10°C unterhalb der charakteristischen Temperatur oder weniger bis 80°C oder mehr oberhalb der charakteristischen Temperatur.

Bei Anlegen einer Spannung wird in dem mesogenen Medium in der optisch isotropen Phase eine Orientierung induziert welche zu einer optischen Verzögerung führt, die auf bekannte Weise visualisiert werden kann. Bevorzugt wird ein inhomogenes elektrisches Feld angewendet.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten mindestens ein Element zur Polarisierung des Lichts. Zusätzlich enthalten sie bevorzugt ein weiteres optisches Element. Dieses weitere optische Element ist entweder ein zweites Element zur Polarisaton des Lichts, ein Reflektor oder ein Transfektor.

Die optischen Elemente sind so angeordnet, dass das Licht beim Durchgang durch das mesogene Medium des Lichtsteuerelements sowohl vor dem Eintritt in das mesogene Medium, als auch nach dem Austritt aus

dem mesogenen Medium mindestens einmal mindestens ein polarisierendes Element durchläuft.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform des Lichtsteuerelements gemäß der vorliegenden Erfindung befindet sich das mesogene Medium zwischen zwei Polarisatoren, also einem Polarisator und einem Analysator. Bevorzugt werden zwei Linearpolarisatoren verwendet. In dieser Ausführungsform sind die Absorptionsachsen der Polarisatoren bevorzugt gekreuzt und bilden bevorzugt einen Winkel von 90°.

10

Optional enthält das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement eine oder mehrere doppelbrechende Schichten. Bevorzugt enthält es eine  $\lambda/4$ -Schicht oder mehrere  $\lambda/4$ -Schichten, bevorzugt eine  $\lambda/4$ -Schicht. Die optische Verzögerung der  $\lambda/4$ -Schicht beträgt bevorzugt ca. 140 nm.

15

Die Schichtdicke (d) des mesogenen Steuermediums beträgt bevorzugt 0,1  $\mu\text{m}$  bis 5.000  $\mu\text{m}$  (i.e. 5 mm), besonders bevorzugt 0,5  $\mu\text{m}$  bis 1.000  $\mu\text{m}$  (i.e. 1 mm), besonders bevorzugt 1,0  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$  und ganz besonders bevorzugt 3,0  $\mu\text{m}$  bis 30  $\mu\text{m}$  und insbesondere 3,5  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$ . In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schichtdicke des mesogenen Steuermediums bevorzugt 0,5  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt 1,0  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$  und ganz besonders bevorzugt 1,0  $\mu\text{m}$  bis 8,0  $\mu\text{m}$ .

20

25

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch elektrooptische Anzeigen, die ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente enthalten. Bevorzugt werden diese elektrooptischen Anzeigen mittels einer aktiven Matrix angesteuert.

30

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind des weiteren elektrooptische Anzeigesysteme enthaltend eine oder mehrere erfindungsgemäße elektrooptische Anzeigen. Diese elektrooptischen Anzeigesysteme werden bevorzugt zur Darstellung von Information, unter anderem, bevorzugt als Fernseh Bildschirm oder als Computermonitor verwendet. Bei der darzu-

35

stellenden Information handelt es sich bevorzugt um digitale Signale oder um Videosignale.

Das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement kann zusätzlich ein oder mehrere weitere übliche optische Elemente wie doppelbrechende Schichten (z.B. Kompensationsschichten), Diffusorschichten, und  
5 Elemente zur Erhöhung der Helligkeit und/oder der Lichtausbeute und/oder der Blickwinkelabhängigkeit enthalten, wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind durch einen guten  
10 Kontrast gekennzeichnet, der stark und nahezu überwiegend von den Eigenschaften der verwendeten Polarisatoren abhängt. Zum Vergleich mit herkömmlichen TN-Zellen werden hier TN-Zellen mit einer optischen Verzögerung von  $0,50\text{ }\mu\text{m}$ , positivem Kontrast und der Absorptionsachse der Polarisatoren senkrecht zu der Vorzugsorientierung der nematischen  
15 Flüssigkristalle am benachbarten Substrat, die nicht chirale Flüssigkristalle enthalten, herangezogen. Der Kontrast der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente hängt unter anderem, insbesondere von der Form, Art und Struktur der verwendeten Elektroden ab. Werden bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen und bei diesen herkömmlichen  
20 TN-Zellen die gleichen Polarisatoren verwendet, ist der Kontrast der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente in der Regel um 20% oder mehr, teilweise, besonders bei Beobachtungswinkeln, die von der Normalen der Displayoberfläche stark abweichen, um 40% oder mehr größer als der Kontrast der TN-Zellen.

Die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente ist sehr gut. Sie ist deutlich besser als die der bekannten ECB-Zellen. Sie ist eher vergleichbar mit der bei den kommerziell verfügbaren IPS-Anzeigen (z.B. von Hitachi und NEC, beide Japan) und MVA-Anzeigen (z.B. von Fujitsu, Japan) beobachteten Blickwinkelabhängigkeit.  
30 Sie ist viel geringer als die der konventionellen TN-Anzeigen. So schließt eine Isokontrastkurve eines gegebenen Kontrastverhältnisses bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen in der Regel einen Winkelbereich ein, die mehr als doppelt so groß, oft sogar mehr als dreimal so  
35 groß ist wie die entsprechende Isokontrastkurve für das gleiche Kontrastverhältnis bei der TN-Anzeige.

Die Schaltzeiten der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind sehr klein. Sie liegen in der Regel bei Werten von 5 ms oder weniger, bevorzugt bei 1 ms oder weniger, besonders bevorzugt bei 0,5 ms oder weniger und ganz besonders bevorzugt bei 0,1 ms oder weniger.

Besonders vorteilhaft ist die Tatsache, dass beim Schalten zwischen verschiedenen Graustufen die Schaltzeit insbesondere für das Einschalten nahezu unabhängig von der verwendeten Ansteuerspannung sind. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber herkömmlichen Lichtsteuerelementen wie Flüssigkristallzellen, z.B. TN-Zellen, dar.

Die elektrooptische Kennlinie wurde durch charakteristische Spannungen charakterisiert. Hierzu wurden insbesondere die Spannungen verwendet, bei denen 10%, 50% bzw. 90% relativer Kontrast erreicht wird. Diese Spannungen (kurz  $V_{10}$ ,  $V_{50}$  und  $V_{90}$ ) werden auch als Schwellen-, Mittgrau- bzw. Sättigungsspannung bezeichnet. Zusätzlich wurde in der Regel die Spannung bei der 70% relativer Kontrast erreicht wird ( $V_{70}$ ), bestimmt.

Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente. Diese werden in einer bevorzugten Ausführungsform mittels einer aktiven Matrix angesteuert.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente im sogenannten „field sequential mode“ angesteuert. Hierbei werden die Schaltelemente synchron zur Ansteuerung nacheinander mit verschieden farbigem Licht beleuchtet. Zur Erzeugung des gepulsten farbigen Lichts können beispielsweise ein Farbrad („color wheel“), Stroboskoplampen oder Blitzlampen eingesetzt werden.

Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung können, insbesondere wenn sie für Fernsehbildschirme, Computermonitore oder ähnliches verwendet werden, zur Darstellung farbiger Bilder einen Farbfiler enthalten. Dieser Farbfiler besteht zweckmäßiger Weise aus einem

Mosaik von Filterelementen verschiedener Farben. Hierbei ist typischer Weise jedem elektro-optischen Schaltelement ein Element des Farbfiltermosaiks einer Farbe zugeordnet.

- 5 Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten eine Elektrodenstruktur die ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Schicht des mesogenen Mediums erzeugt. Diese Elektrodenstruktur kann in der Form von interdigitalen Elektroden ausgeführt sein. Sie kann in Form von Kämmen oder Leitern ausgeführt sein. Auch Aus-
- 10 führungen in Form von überlagerten "H"s und doppel-"T"s bzw. "I"s sind vorteilhaft. Die Elektrodenstruktur befindet sich vorteilhaft auf nur einer Seite des mesogenen Mediums, bei Verwendung mindestens eines Substrats bevorzugt zwischen diesem und dem mesogenen Medium. Bevorzugt liegt die Elektrodenstruktur in mindestens zwei unterschied-
- 15 lichen Ebenen vor, die sich beide auf einer Seite des mesogenen Steuermediums befinden. Dies gilt insbesondere wenn die Elektrodenstruktur überlappende Teilstrukturen enthält. Diese Teilstrukturen werden vorteilhafter Weise durch eine dielektrische Schicht voneinander getrennt. Wenn sich die Teilstrukturen auf den gegenüberliegenden Seiten einer
- 20 Isolationsschicht befinden kann ein „lay out“ gewählt werden, das die Realisierung von Kondensatoren erlaubt. Dies ist insbesondere bei der Ansteuerung von Anzeigen mittels einer aktiven Matrix vorteilhaft. Derartige Aktiv Matrix Anzeigen verwenden eine Matrix von den einzelnen Lichtsteuerelementen zugeordneten Ansteuerelementen mit einer nicht-
- 25 linearen Strom-Spannungs-Kennlinie, wie z. B. TFTs oder MIM- (Englisch: „metal insulator metal“) Dioden.

- Der Aufbau von Lichtsteuerelementen mit einem mesogenen Steuer-
- 30 material in einer optisch isotropen Phase ist im Prinzip in DE 102 172 73.0 beschrieben. Hier wird der Aufbau der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente kurz beschrieben. Das Schaltelement enthält den zwischen den inneren Oberflächen der Substrate das Steuermedium. Auf der inneren Oberfläche des einen Substrats befindet sich die der Elektrodenstruktur mit mindestens zwei Elektroden, die mit voneinander verschiedenen
- 35 Potentialen beaufschlagt werden können.



Die Elektroden können aus durchsichtigem Material bestehen, wie z. B. Indiumzinnoxid (ITO). In diesem Fall kann es vorteilhaft und gegebenenfalls nötig sein einen Teil oder Teile des Lichtsteuerelements mittels einer schwarzen Maske abzudecken. Dies erlaubt Bereiche in denen das elektrische Feld nicht effektiv ist abzuschirmen und so den Kontrast zu verbessern. Die Elektroden können aber auch aus undurchsichtigem Material bestehen, üblicherweise aus Metall, z.B. aus Chrom, Aluminium, Tantal, Kupfer, Silber oder Gold, bevorzugt aus Chrom. In diesem Fall kann der Einsatz einer separaten schwarzen Maske gegebenenfalls entfallen.

Das verwendete elektrische Feld ist bevorzugt ein inhomogenes Feld.

Es wurde gefunden, dass der seitliche Abstand der Elektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, voneinander einen starken Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente hat. Mit abnehmendem Abstand nimmt die benötigte Ansteuerungsspannung ab. Wenn der Abstand jedoch kleiner wird, wird auch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Helligkeit nimmt ab. Bevorzugt haben die Elektroden einen Abstand voneinander der im Bereich von 0,5 µm bis 100 µm, bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 20 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 15 µm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2 µm bis 12 µm und am meisten bevorzugt im Bereich von 3 µm bis 11 µm liegt.

Mit abnehmendem Elektrodenabstand verringert sich die Ansteuerungsspannung. Gleichzeitig nimmt aber das Öffnungsverhältnis und damit die Transmission und bei gegebener Beleuchtung auch die Helligkeit der Anzeige ab. Soll die Helligkeit der elektrooptischen Anzeige optimiert werden, wird bevorzugt ein Elektrodenabstand verwendet, der 8 µm oder mehr, besonders bevorzugt 10 µm oder mehr und ganz besonders bevorzugt 12 µm oder mehr beträgt. Steht jedoch die Ansteuerspannung im Vordergrund der Optimierung, beträgt der Abstand der Elektroden zueinander bevorzugt 19 µm oder weniger, besonders bevorzugt 15 µm oder weniger, ganz besonders bevorzugt 10 µm oder weniger und insbesondere bevorzugt 9 µm oder weniger.

Die Breite der Elektroden in der Richtung zu den Nachbarelektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, ist weniger kritisch als der Abstand der Elektroden in dieser Richtung. Er hat nahezu keinen Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente. Mit zunehmender Breite der Elektroden wird jedoch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Helligkeit nimmt ab, insbesondere wenn die Elektroden aus lichtundurchlässigem Material bestehen. Mit abnehmender Breite der Elektroden nimmt dagegen ihr elektrischer (Ohm'scher) Widerstand zu. Bevorzugt haben die Elektroden eine Breite die im Bereich von 0,5 µm bis 30 µm, bevorzugt im Bereich von 0,5 µm bis 20 µm, besonders bevorzugt im Bereich von 0,7 µm bis 19 µm, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 1 µm bis 9 µm und am ganz bevorzugt im Bereich von 1,5 µm bis 6 µm liegt.

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weisen bevorzugt eine Blaue Phase auf. Es können jedoch auch Medien verwendet werden, bei denen der Temperaturbereich der Blauen Phase so schmal ist, dass praktisch ein Übergang von der kristallinen Phase, von der smektischen Phase oder von der nematischen Phase in die isotrope Phase erfolgt.

Die charakteristische Temperatur bzw. der Klärpunkt der mesogenen Medien, die bevorzugt eine Blaue Phase aufweisen, liegt bevorzugt im Bereich von -20°C bis 80°C, bevorzugt von -30°C bis 80°C, bevorzugt ist die charakteristische Temperatur bzw. der Klärpunkt 60°C oder weniger, besonders bevorzugt liegt er im Bereich von 0°C bis 60°C, bevorzugt im Bereich von 0°C bis 55°C und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 20°C bis 60°C, bevorzugt bis 50°C. Bei Anzeigen mit Hintergrundbeleuchtung liegt die charakteristische Temperatur bzw. der Klärpunkt bevorzugt im Bereich von 10°C bis 70°C und besonders bevorzugt im Bereich von 30°C bis 60°C.

Die Blaue Phase ist bevorzugt stabil bis  $-10^{\circ}\text{C}$ , besonders bevorzugt bis  $-30^{\circ}\text{C}$  und ganz besonders bevorzugt bis  $-40^{\circ}\text{C}$ .

5 Die optische Anisotropie des Mediums bzw. der achiralen Komponente (B) des Mediums bei einer Temperatur von  $4^{\circ}$  unterhalb der charakteristischen Temperatur bzw. des Klärpunkts des Mediums bzw. der Komponente beträgt bevorzugt 0,070 oder mehr, bevorzugt 0,080 oder mehr, besonders bevorzugt 0,090 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 0,100 oder mehr. Bei Verwendung von Medien mit kleinerer optischer Anisotropie in  
10 den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen ist eine höhere Ansteuerspannung nötig, als bei Verwendung von Medien mit größerer optischer Anisotropie. Sofern eine entsprechend große Ansteuerspannung zur Verfügung steht, können auch Medien mit einer achiralen Komponente eingesetzt werden, die eine kleinere optische Anisotropie aufweisen als  
15 0,070.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die achirale Komponente (B) der erfindungsgemäßen, mesogenen Medien in der nematischen Phase bei einer Temperatur von  $4^{\circ}$  unterhalb des dem Klärpunkts bevorzugt  
20 eine Doppelbrechung ( $\Delta n$ ) von 0,100 oder mehr, besonders bevorzugt von 0,150 oder mehr und ganz besonders bevorzugt von 0,200 oder mehr auf. In dieser bevorzugten Ausführungsform beträgt die Konzentration der chiralen Komponente (A) 20% oder weniger, bevorzugt 10% oder weniger und ganz besonders bevorzugt 7% oder weniger des mesogenen  
25 Mediums.

Der Wert der Doppelbrechung der Komponente (B) ist für die erfindungsgemäße Anwendung so gut wie unbegrenzt. Praktisch ist er jedoch in der Regel 0,500 oder kleiner und meist 0,450 oder kleiner. Der  
30 Wert der Doppelbrechung der erfindungsgemäßen Medien wird hier in der nematischen Phase bei einer Temperatur von  $4^{\circ}$  unterhalb des Klärpunkts gemessen.

Ist die achirale Komponente des Steuermediums (Komponente (B)) bei  
35 dieser Temperatur nicht stabil nematisch oder zumindest bis zu dieser Temperatur in der nematischen Phase unterkühlbar, so wird, ebenso wie

bei Einzelsubstanzen und Vormischungen, die Doppelbrechung einer Mischung aus dem Medium und der nematischen Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA bei 20°C bestimmt und aus der Änderung gegenüber der Mischung ZLI-4792 auf den Wert des reinen Mediums extrapoliert. Es werden 10% des Mediums und 90% der Mischung ZLI-4792 verwendet. Wenn die Löslichkeit des Mediums nicht ausreicht wird auf eine Konzentration von 5% ausgewichen und falls die Löslichkeit dann immer noch nicht ausreicht wird als Wirtsmischung die nematische Mischung MLC-6828 der Fa. Merck KGaA verwendet, wie unten weiter beschrieben, und nötigenfalls auch hier die Konzentration von 10% auf 5% verringert. Das Verfahren der Extrapolation der Werte aus der Wirtsmischung wird für alle entsprechenden Eigenschaften der Medien verwendet, sofern diese bei der entsprechenden Temperatur nicht in der nematischen Phase untersucht werden können.

Die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weist bevorzugt ein Dipolmoment von 4 Debye oder mehr, besonders bevorzugt von 6 Debye oder mehr und besonders bevorzugt von 8 Debye oder mehr auf.

Für die Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können sowohl mesogene Steuermedien verwendet werden, deren Komponente (B) in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) aufweisen, als auch solche deren Komponente (B) in der Mesophase eine negative dielektrische Anisotropie aufweisen. Bevorzugt werden mesogene Steuermedien verwendet, deren Komponente (B) in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) aufweisen.

Wenn die Komponente (B) der mesogenen Steuermedien eine positive dielektrische Anisotropie haben, hat diese bei 1 kHz und einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts, bevorzugt in der nematischen Phase, einen Wert von bevorzugt 15 oder mehr, besonders bevorzugt 30 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 45 oder mehr. Hat die Komponente (B) des Mediums keine nematische Phase oder liegt sie bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts nicht in der nematischen Phase vor, so wird ihre dielektrische Anisotropie, wie die Doppelbrechung,

durch Extrapolation der Werte einer entsprechenden Wirtsmischung ermittelt.

5 Wenn Komponente (B) des mesogenen Steuermediens eine negative dielektrische Anisotropie hat, beträgt diese bevorzugt -5 oder weniger, besonders bevorzugt -7 oder weniger und ganz besonders bevorzugt -10 oder weniger. Für dielektrisch negative Komponenten (B), bzw. die dielektrisch negativen Bestandteile der Komponenten (B) der Steuermedien, wird, sofern nötig, die nematische Mischung ZLI-3086 der Merck KGaA als Wirtsmischung verwendet.

10 Besonders bevorzugt sind Steuermedien mit einer Komponente (B) einer positiven dielektrischen Anisotropie.

15 Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur eine charakteristische Spannung  $V_{10}$  im Bereich von 5 V bis 150 V, bevorzugt von 15 V bis 110 V, besonders bevorzugt von 20 V bis 90 V und ganz besonders  
20 bevorzugt von 30 V bis 80 V auf. Die charakteristischen Spannungen werden in diesen Anmeldungen für Zellen mit einer Breite der Elektroden von 10  $\mu\text{m}$  und einem Elektrodenabstand von 10  $\mu\text{m}$  angegeben, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Besonders bevorzugt haben die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen  
25 Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur eine charakteristische Spannung  $V_{10}$  von 105 V oder weniger, bevorzugt von 95 V oder weniger, besonders bevorzugt von 75 V oder weniger und ganz besonders bevorzugt von 50 V oder weniger.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur eine charakteristische Spannung  $V_{10}$  im  
35 Bereich von 5 V bis 110 V, besonders bevorzugt von 10 V bis 90 V und ganz besonders bevorzugt von 10 V bis 80 V auf.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur eine charakteristische Spannung  $V_{10}$  im Bereich von 2 V bis 100 V, bevorzugt von 3 V bis 50 V, besonders bevorzugt von 4 V bis 30 V, ganz besonders bevorzugt von 5 V bis 20 V und am meisten bevorzugt von 5 V bzw. 7 V bis 15 V auf.

In dieser Anmeldung wird eine charakteristische Temperatur ( $T_{\text{char.}}$ ) wie folgt definiert:

wenn die charakteristische Spannung als Funktion der Temperatur ein Minimum durchläuft, wird die Temperatur dieses Minimums als charakteristische Temperatur bezeichnet,

wenn die charakteristische Spannung als Funktion der Temperatur kein Minimum aufweist, das Steuermedium aber eine oder mehrere Blaue Phasen aufweist, wird die Temperatur des Übergangs in die Blaue Phase, beim Auftreten mehrerer Blauer Phasen die Temperatur des Übergangs in die mit steigender Temperatur zuerst auftretende Blaue Phase, als charakteristische Temperatur bezeichnet,

wenn die charakteristische Spannung als Funktion der Temperatur kein Minimum aufweist und das Steuermedium auch keine Blaue Phase aufweist, wird die Temperatur des Übergangs in die isotrope Phase als charakteristische Temperatur bezeichnet.

Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen eine geringe Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen ( $V_X$ ), beispielsweise  $V_{10}$ ,  $V_{50}$ ,  $V_{70}$  und  $V_{90}$  auf. Die Temperaturabhängigkeit ( $dV_X/dT$ ) der charakteristischen Spannungen ( $V_X$ ) wird bevorzugt durch ihre relativen Werte ( $dV_X^*/dT$ ) beschrieben. Hierzu wird sie auf die jeweilige charakteristische Spannung bei einer Referenztemperatur bezogen. Die

Referenztemperatur ( $T_{\text{ref.}}$ ) ist die Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur des jeweiligen Steuermediums.

$$dV_X^*/dT = dV_X(T_{\text{ref.}})/dT / V_X(T_{\text{ref.}}) \quad (5)$$

5

worin

$V_X$ : die Spannung bei der X% relativem Kontrast erreicht wird,

$T$  die Temperatur,

10

$T_{\text{ref.}}$  die Bezugstemperatur  $T_{\text{ref.}} = T_{\text{char.}} + 2^\circ$  (siehe Text) und

$T_{\text{char.}}$  charakteristische Temperatur

bedeuten.

15

Bevorzugt wird die relative Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen, bevorzugt von  $V_{70}$ , über einen bestimmten Temperaturbereich beginnend unterhalb bis oberhalb der gewünschten Betriebstemperatur angegeben. Bevorzugt liegt die Betriebstemperatur in einem Bereich von  $0,5^\circ$  bis  $60^\circ$ , besonders bevorzugt von  $1^\circ$  bis  $50^\circ$  und ganz besonders bevorzugt von  $1^\circ$  bis  $30^\circ$  oberhalb der charakteristischen

20

Temperatur des Steuermediums in der Zelle. Zum Vergleich der Temperaturabhängigkeiten der charakteristischen Spannungen, wird in dieser Anmeldung die Temperaturabhängigkeit über einen Bereich von (ca.) einem Grad unterhalb bis (ca.) einem Grad oberhalb einer Temperatur von zwei (ca.) Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur des Steuermediums angegeben. Die Temperaturabhängigkeit wird als Quotient der Differenz der Spannungswerte bei den extremen Temperaturen (Endtemperaturen bzw. Grenztemperaturen) und der Differenz dieser Temperaturen angegeben und dem Mittelwert dieser Temperaturen zugeordnet, sofern nicht explizit anders angegeben.

30

Der Betrag und bevorzugt der Wert der Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen, bevorzugt von  $V_{70}$ , in diesem Temperaturbereich liegt bevorzugt im Bereich von 0%/Grad bis 30%/Grad, bevorzugt im Bereich von 0%/Grad bis 23%/Grad, bevorzugt bis 22%/Grad, bevorzugt bis 20%/Grad, besonders bevorzugt im Bereich von 0%/Grad

35

bis 15 %/Grad, bevorzugt bis 12%/Grad und ganz besonders bevorzugt von 0 %/Grad bis 7%/Grad.

5 Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente haben bevorzugt eine geringe Temperaturabhängigkeit über einen weiten Bereich von Betriebstemperaturen.

10 Besonders bevorzugt gelten die genannten Grenzen für die Temperaturabhängigkeit über einen Temperaturbereich von  $\pm 1^\circ$  oder mehr um die Betriebstemperatur im Bereich der Betriebstemperaturen ausgewählt aus dem Bereich von  $2^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur des Steuermediums bis  $10^\circ$  oberhalb charakteristischen Temperatur, besonders bevorzugt über einen Temperaturbereich von  $\pm 4^\circ$  um die Temperatur von  $5^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur, 15 insbesondere bevorzugt über einen Temperaturbereich von  $\pm 1^\circ$  oder mehr um die Betriebstemperatur im Bereich der Betriebstemperaturen ausgewählt aus dem Bereich von  $2^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur bis  $20^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur, ganz besonders bevorzugt über einen Temperaturbereich von  $\pm 4^\circ$ , bevorzugt 20  $\pm 9^\circ$  um die Temperatur von  $10^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur.

25 Die in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen verwendeten Steuermedien haben bevorzugt eine Blaue Phase, die sich über einen Temperaturbereich mit einer Breite von 15 Grad oder mehr, besonders bevorzugt von 30 Grad oder mehr und ganz besonders bevorzugt von 40 Grad oder mehr erstreckt.

30 Bevorzugt weisen die Steuermedien einen Betriebstemperaturbereich, bevorzugt eine Blaue Phase im Temperaturbereich von  $20^\circ\text{C}$  oder weniger bis  $35^\circ\text{C}$  oder mehr, besonders bevorzugt im Temperaturbereich von  $10^\circ\text{C}$  oder weniger bis  $50^\circ\text{C}$  oder mehr, insbesondere bevorzugt im Temperaturbereich von  $0^\circ\text{C}$  oder weniger bis  $60^\circ\text{C}$  oder mehr, und ganz besonders bevorzugt im Temperaturbereich von  $-30^\circ\text{C}$  oder weniger bis  $80^\circ\text{C}$  oder 35 mehr auf.



Die Breite des Temperaturbereichs der Blaue Phase wird wie folgt bestimmt, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

5       Zunächst wird die HTP der einzelnen Verbindungen der chiralen Komponente (A), bzw. der gesamten chiralen Komponente (A) in der kommerziell erhältlichen Flüssigkristallmischung MLC-6828 der Fa. Merck KGaA bestimmt.

10       Dann wird eine Mischung aus der chiralen Komponente (A) in der speziell für diesen Zweck entwickelten, achiralen Flüssigkristallmischung AM-3 hergestellt. Zusammensetzung und Eigenschaften dieser Mischung sind bei Beispiel 4 angegeben. Dabei wird die Konzentration der Komponente (A) in der achiralen Mischung so gewählt, dass der cholesterische Pitch der resultierenden Mischung im Bereich von 180 nm bis 800 nm, bevorzugt im Bereich von 400 nm bis 600 nm und besonders bevorzugt bei 550 nm liegt. Ein Tropfen der so erhaltenen Mischung wird auf einem Objektträger mit einem Glasplättchen abgedeckt und unter dem Mikroskop untersucht. Bei einer Schichtdicke von ca. 100 µm oder mehr ist die Blaue Phase direkt zu beobachten (siehe hierzu auch Gray und Goodby).

20       Als nächstes wird die Mischung des zu untersuchenden Steuermediums hergesellt. Hierzu wird die chirale Komponente (A) in der gewünschten Konzentration in der achiralen Komponente (B) gelöst. Alternativ zu dem oben beschriebenen Verfahren der Bestimmung der Lage und der Breite der Blauen Phase kann auch Ausgehend von der Mischung aus den Komponenten (A) und (B) ausgegangen werden. Hierzu kann der cholesterische Pich gegebenenfalls so weit vergrößert werden, bis die Blaue Phase der Beobachtung im Mikroskop zugänglich ist. Hierzu stehen die drei folgenden Möglichkeiten zur Verfügung die in der Reihenfolge ihrer Bevorzugung angegeben werden:

30       erstens die Konzentration der Komponente (A) wird verringert, z.B. durch Zugabe von Komponente (B), bis der Wert des cholesterischen Pitch, der oben, im Zusammenhang mit dem Verfahren mit der Referenzmischung AM-3 beschriebenen Verfahren, angegeben ist, erreicht ist;

35       zweitens die Kompensation der HTP der Komponente (A) wird durch Einsatz einer oder mehrerer chiraler Verbindungen mit zu dem der

Komponente (A) entgegengesetzten Vorzeichen der HTP bis zum Erreichen des gewünschten Pitches und drittens Einsatz der, der Verbindung oder den Verbindungen der Komponente (A) entsprechenden Enantiomeren zur Kompensation der HTP der Komponente (A) in der Konzentration, die zum Erreichen des gewünschten Pitches führt.

Diese Mischung aus Komponente (A) und (B) wird als Steuermedium in eine Zelle mit einer Schichtdicke von 20  $\mu\text{m}$  oder weniger, bevorzugt ca. 10  $\mu\text{m}$  gefüllt und bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht.

Dann wird die Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen, bevorzugt von  $V_{10}$ , des Steuermediums in der Referenzzelle gemäß der vorliegenden Erfindung untersucht. Das Auftreten der Blauen Phase im Lichtsteuerelement ist an dem Einsetzen des elektrooptischen Effekts bei steigender Temperatur zu erkennen. Der elektrooptische Effekt tritt bei der Umwandlungstemperatur auf, bei der die Umwandlung in eine optisch isotrope Phase stattfindet, ähnlich wie in DE 102 17 273.0 beschrieben. Allerdings liegen die Medien gemäß der vorliegenden Erfindung dann in der Blauen Phase vor und nicht in der isotropen Phase, wie die in DE 102 17 273.0 beschriebenen Medien. Der elektrooptische Effekt in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen ist wie folgt charakterisiert. Die Zellen sind bei gekreuzten Polarisatoren (völlig) dunkel. Dies gilt insbesondere wenn der cholesterische Pitch viel kleiner ist als die Wellenlänge des verwendeten Lichts. Der Kontrast des erfindungsgemäßen elektrooptischen Effekts weist so gut wie keine Blickwinkelabhängigkeit auf und der Effekt zeigt keine Bistabilität.

Mit weiter steigender Temperatur nehmen die charakteristischen Spannungen in der Regel mit steigender Temperatur leicht zu. Diese ist über den gesamten Bereich der Blauen Phase zu beobachten. Auch nach Überschreiten der Umwandlungstemperatur von der Blauen Phase in die isotrope Phase kann der elektrooptische Effekt beobachtet werden. Somit ist der Betriebstemperaturbereich der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente in der Regel größer als der Bereich, in dem bei den

Steuermedien die Blaue Phase auftritt. Bei Temperaturen oberhalb des Phasenübergangs von der Blauen Phase in die isotrope Phase ist jedoch der Gradient des Anstiegs der charakteristischen Spannungen mit der Temperatur deutlich größer als in der Blauen Phase. Durch Interpolation aus den jeweiligen nahezu linearen Verläufen der charakteristischen Spannungen mit der Temperatur unterhalb bzw. oberhalb dieser Übergangstemperatur kann die Übergangstemperatur von der Blauen in die isotrope Phase erhalten werden.

5

10

Der Temperaturbereich über den bei dem Steuermedium die Blaue Phase auftritt, kann außerdem mittels DSC (Englisch „differential scanning calorimetry“) bestätigt werden.

15

Bei Steuermedien bei denen die charakteristische Spannung des elektrooptischen Effekts in den erfindungsgemäßen Zellen ein Minimum durchläuft, ist in der Regel keine Unterscheidung von zwei Bereichen mit unterschiedlicher Steigung des Temperaturverlaufs (zunächst flach, dann steiler) zu beobachten. In diesen Fällen wird in der vorliegenden Anmeldung die Breite der Blauen Phase wie folgt definiert. Als Temperatur des oberen Endes des Phasenbereichs wird die Temperatur definiert, bei der die charakteristische Spannung den doppelten Wert des Minimums der charakteristischen Spannung annimmt. Als Temperatur des unteren Endes des Phasenbereichs wird die Temperatur definiert, bei der die charakteristische Spannung ebenfalls den doppelten Wert des Minimums der charakteristischen Spannung annimmt. Sofern jedoch dieser Wert bei Temperaturen unterhalb der Temperatur des Minimums nicht erreicht wird, wird die Temperatur, bei der der elektrooptische Effekt mit steigender Temperatur zuerst auftritt, als Temperatur des unteren Endes des Phasenbereichs definiert.

20

25

30

Bevorzugt zeigt der elektrooptische Effekt bei Betrachtung unter dem bevorzugten Blickwinkel, bevorzugt über einen Blickwinkelbereich der sich horizontal und vertikal bis zu 30° oder mehr, bevorzugt bis zu 40° oder mehr, besonders bevorzugt bis zu 45° oder mehr und ganz besonders bis zu 60° oder mehr erstreckt, ein Kontrastverhältnis von 5:1 oder mehr,

35

bevorzugt von 10:1 oder mehr und ganz besonders bevorzugt von 15:1 oder mehr.

5

Bevorzugt zeigt der elektrooptische Effekt eine Schaltzeit von 15 ms oder weniger, bevorzugt von 10 ms oder weniger, besonders bevorzugt von 5 ms oder weniger und ganz besonders bevorzugt von 3 ms oder weniger. Dabei werden die Schaltzeiten, wie in der gesamten vorliegenden Anmeldung, wenn nicht explizit anders angegeben unter den folgenden Bedingungen bestimmt. Bei der Bestimmung der Einschaltzeit ( $\tau_{on}$ ) wird der Wert der Rechteckspannung von  $V_0$  auf  $V_{100}$  des Schaltelements erhöht und die Zeit bestimmt, die vergeht für die Änderung der Transmission bzw. des relativen Kontrasts von 10% auf 90%. Die Ausschaltzeit ( $\tau_{off}$ ) wird für Schalten von 90% auf 10% relativen Kontrast bei Verringerung der Spannung von  $V_{100}$  auf  $V_0$  angegeben.

10

15

Wenn sich der Klärpunkt des Steuermediums in der Zelle von dem im Bulk unterscheidet, werden die charakteristischen Spannungen bei den Steuermedien die keine Blaue Phase aufweisen und bei denen die charakteristischen Spannungen mit steigender Temperatur auch kein Minimum durchlaufen, wird die Temperatur auf den Klärpunkt in der Zelle bezogen.

20

25

In dem Fall, dass das mesogene Steuermedium bei der Bestimmung in einer Kapillare im Klärpunktsmeßgerät (Fa. Mettler) keinen scharfen Klärpunkt aufweist, sondern einen relativ breiten Klärbereich, der typischer Weise einige Grad breit ist, wird hier, abweichend von der üblichen Definition, nicht der Beginn des Klärens, sondern das Ende des Klärbereichs als Klärpunkt bezeichnet.

30

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung bestehen bevorzugt aus zwei bis 40 Verbindungen, besonders bevorzugt aus fünf bis 30 Verbindungen und ganz besonders bevorzugt aus sieben bis 25 Verbindungen.

35

Die chiralen Verbindungen der chiralen Komponente (A) weisen vorzugsweise eine hohe HTP auf. Sie werden auch chirale Dotierstoffe

genannt, da sie in der Regel in relativ geringen Konzentrationen zu mesogenen Basismischungen zugegeben werden. Bevorzugt weisen sie eine gute Löslichkeit in der achiralen Komponente (B) auf und beeinträchtigen die mesogenen, bzw. flüssigkristallinen Eigenschaften des mesogenen Mediums nicht oder nur in geringem Maße, außer dass sie eine Blaue Phase, mit einer gänzlich anderen Struktur als der der cholesterischen Phase, induzieren. Werden zwei oder mehr chirale Verbindungen eingesetzt, können sie den gleichen oder den entgegengesetzten Drehsinn und gleiche oder entgegengesetzte Temperaturabhängigkeit der Verdrillung aufweisen.

Besonders bevorzugt sind chirale Verbindungen mit einer HTP in der kommerziellen Flüssigkristallmischung MLC-6828 der Fa. Merck KGaA von  $20 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr, insbesondere von  $40 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr, besonders bevorzugt von  $70 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die chirale Komponente (A) aus zwei oder mehr chiralen Verbindungen, die alle das gleiche Vorzeichen der HTP haben.

Die Temperaturabhängigkeit der HTP der einzelnen Verbindungen kann groß oder klein sein. Die Temperaturabhängigkeit des Pitches des Mediums kann kompensiert werden indem Verbindungen mit unterschiedlicher Temperaturabhängigkeit der HTP in entsprechenden Verhältnissen gemischt werden.

Für die optisch aktive Komponente stehen dem Fachmann eine Vielzahl zum Teil kommerziell erhältlicher chiraler Dotierstoffe zur Verfügung, wie z.B. Cholesterylnonanoat, R/S-811, R/S-1011, R/S-2011, R/S-3011, R/S-4011, B(OC)2C\*H-C-3 oder CB15 (alle Merck KGaA, Darmstadt).

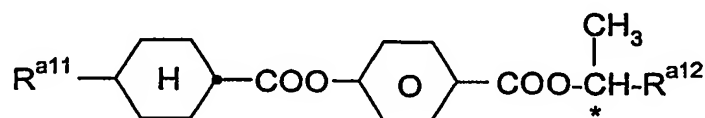
Besonders geeignete Dotierstoffe sind Verbindungen, die einen oder mehrere chirale Reste und eine oder mehrere mesogene Gruppen, oder eine oder mehrere aromatische oder alicyclische Gruppen, die mit dem chiralen Rest eine mesogene Gruppe bilden, aufweisen.

5 Geeignete chirale Reste sind beispielsweise chirale verzweigte Kohlenwasserstoffreste, chirale Ethandiole, Binaphthole oder Dioxolane, ferner ein- oder mehrbindige chirale Reste ausgewählt aus der Gruppe enthaltend Zuckerderivate, Zuckeralkohole, Zuckersäuren, Milchsäuren, chirale substituierte Glykole, Steroidderivate, Terpenderivate, Aminosäuren oder Sequenzen von wenigen, vorzugsweise 1-5, Aminosäuren.

10 Bevorzugte chirale Reste sind Zuckerderivate wie Glucose, Mannose, Galactose, Fructose, Arabinose, Dextrose; Zuckeralkohole wie beispielsweise Sorbitol, Mannitol, Iditol, Galactitol oder deren Anhydroderivate, insbesondere Dianhydrohexite wie Dianhydrosorbit (1,4:3,6-Dianhydro-D-sorbit, Isosorbit), Dianhydromannit (Isosorbit) oder Dianhydroidit (Isoidit); Zuckersäuren wie beispielsweise Gluconsäure, 15 Gulonsäure, Ketogulonsäure; chirale substituierte Glykolreste wie beispielsweise Mono- oder Oligoethylen- oder propylenglykole, worin eine oder mehrere CH<sub>2</sub>-Gruppen durch Alkyl oder Alkoxy substituiert sind; Aminosäuren wie beispielsweise Alanin, Valin, Phenylglycin oder Phenylalanin, oder Sequenzen von 1 bis 5 dieser Aminosäuren; 20 Steroidderivate wie beispielsweise Cholesteryl- oder Cholsäurereste; Terpenderivate wie beispielsweise Menthyl, Neomenthyl, Campheyl, Pineyl, Terpinyll, Isolongifolyl, Fenchyl, Carreyl, Myrthenyl, Nopyl, Geraniyl, Linaloyl, Neryl, Citronellyl oder Dihydrocitronellyl.

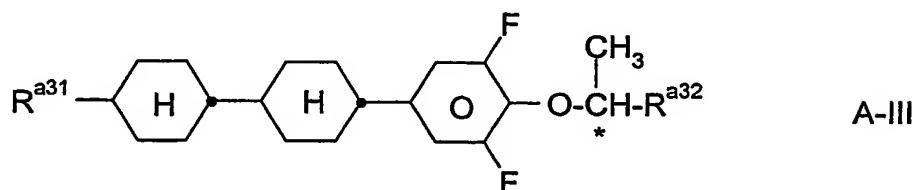
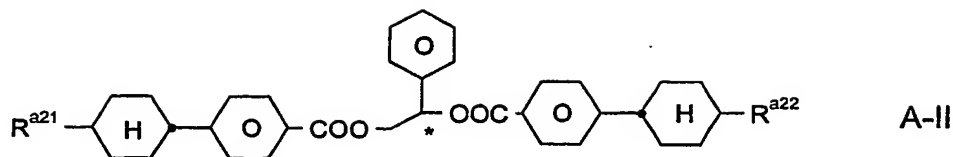
25 Geeignete chirale Reste und mesogene chirale Verbindungen sind beispielsweise in DE 34 25 503, DE 35 34 777, DE 35 34 778, DE 35 34 779 und DE 35 34 780, DE 43 42 280, EP 01 038 941 und DE 195 41 820 beschrieben.

30 Besonders bevorzugt sind Dotierstoffe ausgewählt aus der Gruppe enthaltend Verbindungen der folgende Formeln A-I bis A-III.



A-I

35



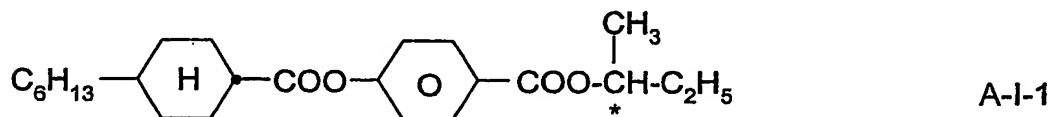
worin

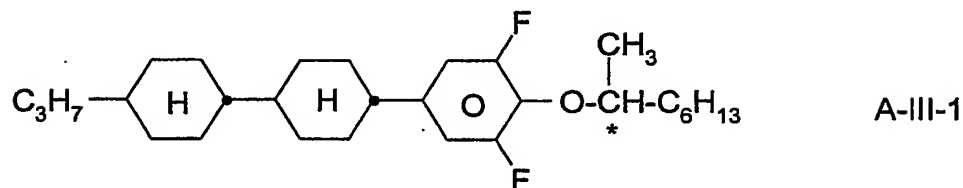
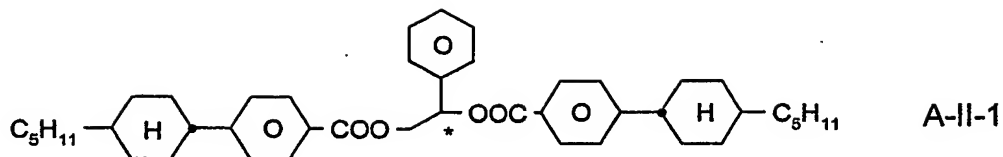
$R^{a11}$  und  $R^{a12}$  , voneinander unabhängig, Alkyl, Oxaalkyl oder Alkenyl mit 2 bis 9, bevorzugt bis 7 C-Atomen und  $R^{a11}$  auch Methyl oder Alkoxy mit 1 bis 9 C-Atomen, bevorzugt beide Alkyl, bevorzugt n-Alkyl,

$R^{a21}$  und  $R^{a22}$  , voneinander unabhängig, Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 9, bevorzugt bis 7 C-Atomen Oxaalkyl, Alkenyl oder Alkenyloxy mit 2 bis 9, bevorzugt bis 7 C-Atomen, bevorzugt  $R^{a21}$   $R^{a22}$ , bevorzugt Alkyl, bevorzugt n-Alkyl,

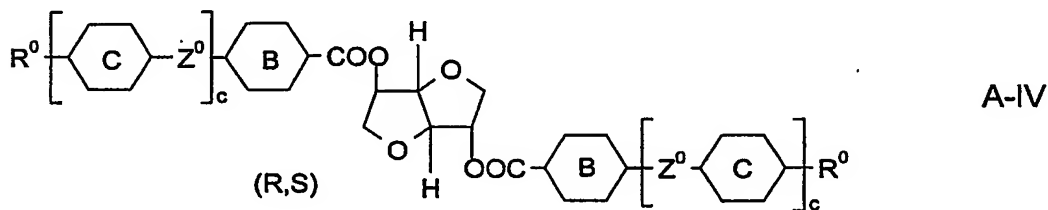
$R^{a31}$  und  $R^{a32}$  , voneinander unabhängig, Alkyl, Oxaalkyl oder Alkenyl mit 2 bis 9, bevorzugt bis 7 C-Atomen und  $R^{a11}$  auch Methyl oder Alkoxy mit 1 bis 9 C-Atomen, bevorzugt beide Alkyl, bevorzugt n-Alkyl,

Besonders bevorzugt sind Dotierstoffe ausgewählt aus der Gruppe enthaltend Verbindungen der folgende Formeln.

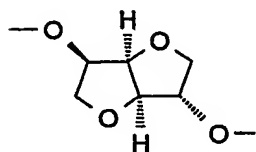
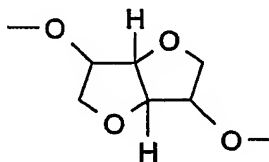




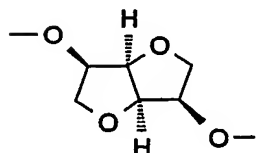
Weitere bevorzugte Dotierstoffe sind Derivate des Isosorbid, Isomannit oder Isoidit der folgenden Formel A-IV



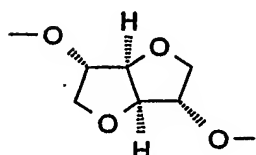
20  
worin die Gruppe



(Dianhydrosorbitol),



(Dianhydromannitol), oder

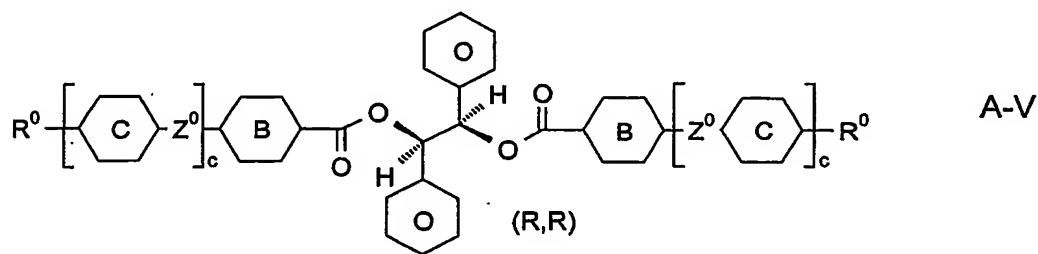


(Dianhydroiditol),



vorzugsweise Dianhydrosorbitol, bedeutet,

sowie chirale Ethandiole wie z.B. Diphenylethandiol (Hydrobenzoin),  
insbesondere mesogene Hydrobenzoinderivate der folgenden Formel A-V



15 einschließlich der jeweils nicht gezeigten (R,S), (S,R), (R,R) und (S,S)  
Enantiomere,

worin

20 B und C jeweils unabhängig voneinander 1,4-Phenylene, welches auch  
durch L mono-, di- oder trisubstituiert sein kann, oder 1,4-  
Cyclohexylene,

25 L H, F, Cl, CN oder optional halogeniertes Alkyl, Alkoxy,  
Alkylcarbonyl, Alkoxy carbonyl oder Alkoxy carbonyloxy mit 1-7  
C-Atomen,

c 0 oder 1,

30 Z<sup>0</sup> -COO-, -OCO-, -CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>- oder eine Einfachbindung, und

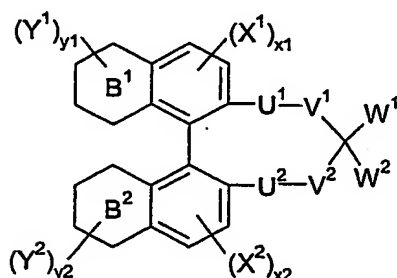
R<sup>0</sup> Alkyl, Alkoxy, Alkylcarbonyl, Alkoxy carbonyl oder  
Alkylcarbonyloxy mit 1-12 C-Atomen

bedeuten.

Die Verbindungen der Formel A-IV sind in WO 98/00 428 beschrieben. Die Verbindungen der Formel A-V sind in GB-A-2 328 207 beschrieben.

Ganz besonders bevorzugte Dotierstoffe sind chirale Binaphthyl-derivate wie in WO 02/94 805 beschrieben, chirale Binaphthol-Acetalderivate wie in WO 02/34 739 beschrieben, chirale TADDOL-Derivate wie in WO 02/06 265 beschrieben, sowie chirale Dotierstoffe mit mindestens einer fluorierten Brückengruppe und einer endständigen oder zentralen chiralen Gruppe wie in WO 02/06 196 und WO 02/06 195 beschrieben.

Besonders bevorzugt sind chirale Verbindungen der Formel A-VI



A-VI

worin

$X^1$ ,  $X^2$ ,  $Y^1$  und  $Y^2$ , jeweils unabhängig voneinander, F, Cl, Br, I, CN, SCN,  $SF_5$ , geradkettiges oder verzweigtes Alkyl mit 1 bis 25 C-Atomen, welches einfach oder mehrfach durch F, Cl, Br, I oder CN substituiert sein kann, worin auch eine oder mehrere nicht benachbarte  $CH_2$ -Gruppen, jeweils unabhängig voneinander, durch -O-, -S-, -NH-,  $NR^0$ -, -CO-, -COO-, -OCO-, -OCOO-, -S-CO-, -CO-S-, -CH=CH- oder  $-C\equiv C-$  so ersetzt sein können, dass O und/ oder S-Atome nicht direkt miteinander verbunden sind, eine polymerisierbare Gruppe oder Cycloalkyl oder Aryl mit bis zu 20 C-Atomen die optional einfach oder mehrfach durch Halogen, bevorzugt F oder durch eine polymerisierbare Gruppe substituiert sein kann,

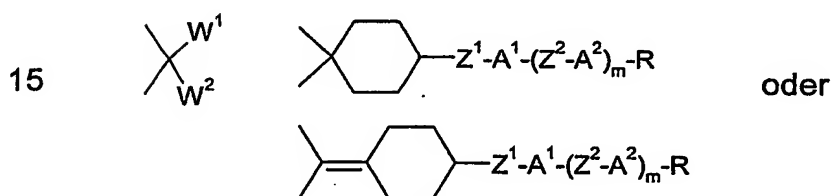
$R^0$  H oder Alkyl mit 1 bis 4 C-Atomen,

$x^1$  und  $x^2$ , jeweils unabhängig voneinander, 0, 1, oder 2,

$y^1$  und  $y^2$ , jeweils unabhängig voneinander, 0, 1, 2, 3, oder 4,

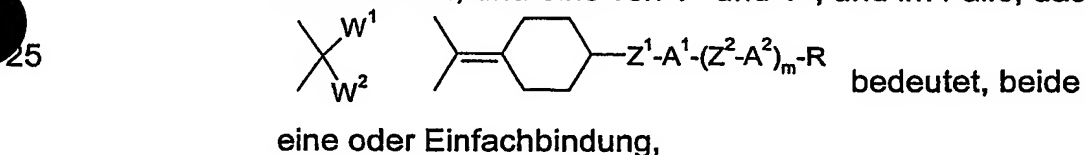
5  $B^1$  und  $B^2$ , jeweils unabhängig voneinander, einen aromatischen oder einen teilweise oder ganz gesättigten aliphatischen sechsgliedrigen Ring, worin eine oder mehrere CH-Gruppen durch N-Atome und eine oder mehrere, nicht benachbarte  $CH_2$ -Gruppen durch O und/oder S,

10  $W^1$  und  $W^2$ , jeweils unabhängig voneinander,  $-Z^1-A^1-(Z^2-A^2)_m-R$ , einer von beiden alternativ auch  $R^1$  oder  $A^3$ , jedoch nicht beide gleichzeitig H, oder



20  $U^1$  und  $U^2$ , jeweils unabhängig voneinander,  $CH_2$ , O, S, CO, oder CS,

$V^1$  und  $V^2$ , jeweils unabhängig voneinander,  $(CH_2)_n$ , worin eine bis vier nicht benachbarte  $CH_2$ -Gruppen durch O und/oder S ersetzt sein können, und eine von  $V^1$  und  $V^2$ , und im Falle, dass



30  $Z^1$  und  $Z^2$ , jeweils unabhängig voneinander, -O-, -S-, -CO-, -COO-, -OCO-, -O-COO-, -CO-NR<sup>0</sup>-, -NR<sup>0</sup>-CO-, -O-CH<sub>2</sub>-, -CH<sub>2</sub>-O-, -S-CH<sub>2</sub>-, -CH<sub>2</sub>-S-, -CF<sub>2</sub>-O-, -O-CF<sub>2</sub>-, -CF<sub>2</sub>-S-, -S-CF<sub>2</sub>-, -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-, -CF<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-, -CH<sub>2</sub>-CF<sub>2</sub>-, -CF<sub>2</sub>-CF<sub>2</sub>-, -CH=N-, -N=CH-, -N=N-, -CH=CH-, -CF=CH-, -CH=CF-, -CF=CF-, -C≡C-, eine Kombination von zwei dieser Gruppen, wobei keine zwei O und/oder S und/oder N-Atome direkt aneinander gebunden sind, bevorzugt -CH=CH-COO-,

35

oder -COO-CH=CH-, oder eine Einfachbindung,

$A^1$ ,  $A^2$  und  $A^3$ , jeweils unabhängig voneinander, 1,4-Phenylen, worin eine oder zwei nicht benachbarte CH-Gruppen durch N ersetzt sein können, 1,4-Cyclohexylen, worin eine oder zwei nicht benachbarte  $CH_2$ -Gruppen durch O und/oder S ersetzt sein können, 1,3-Dioxolan-4,5-diyl, 1,4-Cyclohexenylen, 1,4-Bicyclo-(2,2,2)-oktylen, Piperidin-1,4-diyl, Naphthalin-2,6-diyl, Dekahydronaphthalin-2,6-diyl oder 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin-2,6-diyl, wobei jede dieser Gruppen ein oder mehrfach durch L substituiert sein kann, und außerdem  $A^1$  eine Einfachbindung,

L ein Halogenatom, bevorzugt F, CN,  $NO_2$ , Alkyl, Alkoxy, Alkylcarbonyl, Alkoxycarbonyl oder Alkoxycarbonyloxy mit 1-7 C-Atomen, worin ein oder mehrere H-Atome durch F oder Cl ersetzt sein können,

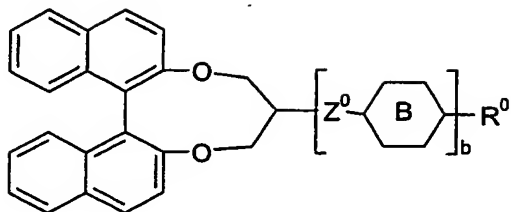
m in jedem Fall unabhängig 0, 1, 2 oder 3 und

$R$  und  $R^1$ , jeweils unabhängig voneinander, H, F, Cl, Br, I, CN, SCN,  $SF_5$ , geradkettiges oder verzweigtes Alkyl mit 1 bzw. 3 bis 25 C-Atomen, welches optional einfach oder mehrfach durch F, Cl, Br, I oder CN substituiert sein kann, und worin eine oder mehrere nichtbenachbarte  $CH_2$ -Gruppen durch -O-, -S-, -NH-,  $-NR^0$ -, -CO-, -COO-, -OCO-, -O-COO-, -S-CO-, -CO-S-, -CH=CH- oder  $-C\equiv C-$  ersetzt sein können, wobei keine zwei O und/oder S Atome direkt miteinander verbunden sind oder eine polymerisierbare Gruppe

bedeuten.

Besonders bevorzugt sind chirale Binaphthylderivate der Formel A-VI-1

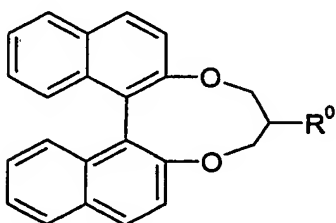
5



A-VI-1

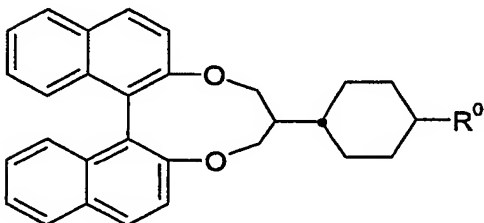
insbesondere solche ausgewählt aus folgenden Formeln A-VI-1a bis A-VI-1c

10



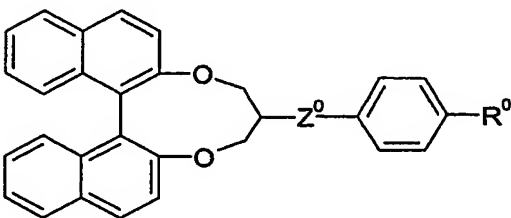
A-VI-1a

15



A-VI-1b

20



A-VI-1c

25

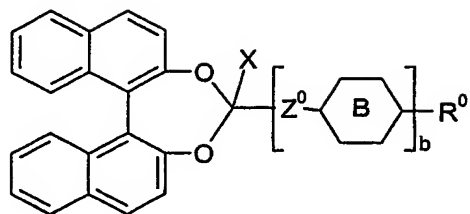
30

worin B,  $R^0$  und  $Z^0$  die bei Formel A-IV angegebene Bedeutung haben und  $b$  0, 1 oder 2 ist, und  $Z^0$  insbesondere -OCO- oder eine Einfachbindung bedeutet.

Besonders bevorzugt sind ferner chirale Binaphthylderivate der Formel A-VI-2

35

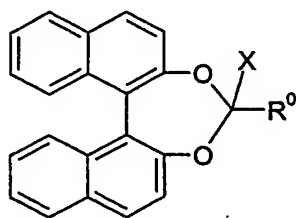
5



A-VI-2

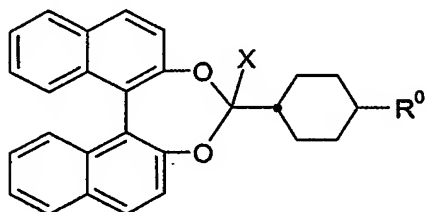
insbesondere solche ausgewählt aus folgenden Formeln A-VI-2a bis A-VI-2f

10



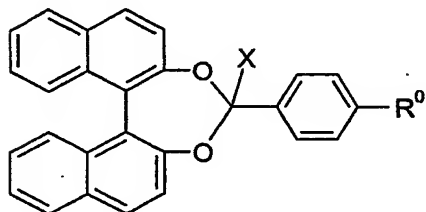
A-VI-2a

15



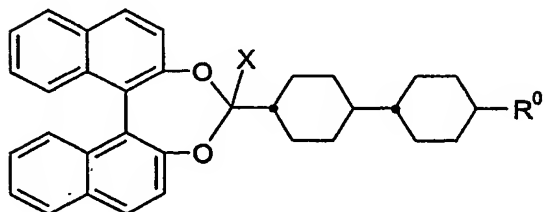
A-VI-2b

20



A-VI-2c

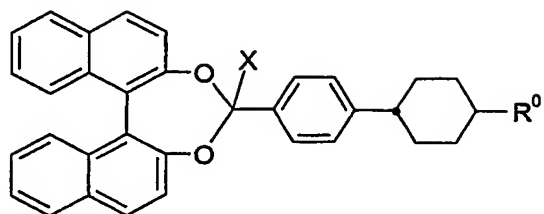
25



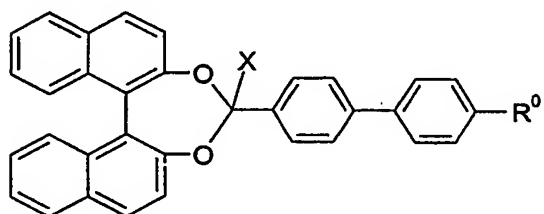
A-VI-2d

30

35



A-VI-2e



A-VI-2f

worin  $R^0$  die bei Formel A-IV angegebene Bedeutung hat, X H, F Cl, CN oder  $R^0$ , bevorzugt F bedeutet.

Insbesondere die Dotierstoffe der oben genannten Formeln A-IVI, A-V, A-VI und A-VII zeigen eine gute Löslichkeit in der achiralen Komponente, und induzieren eine cholesterische Struktur mit hoher Verdrillung und geringer Temperaturabhängigkeit der Helixganghöhe. Dadurch können selbst bei Verwendung nur eines dieser Dotierstoffe in geringen Mengen erfindungsgemäße Medien mit günstigen Eigenschaften erhalten werden, die sich vor allem für den Einsatz in Lichtsteuerelementen, bei denen das Steuermedium in der optisch isotropen Phase angesteuert wird, eignen.

Die achirale Komponente (B) der erfindungsgemäßen mesogenen Medien mit positiver dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthält bevorzugt

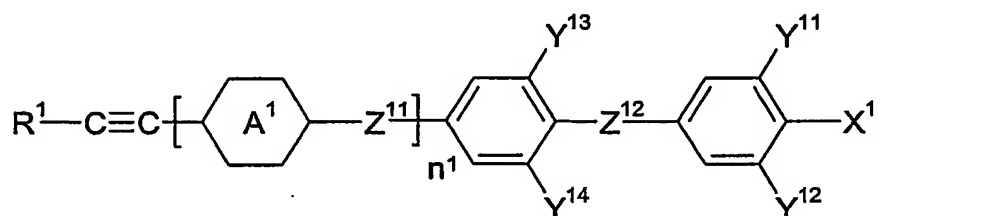
- eine Komponente (B-A) bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer sehr stark positiven dielektrischen Anisotropie von 30 oder mehr,
- optional eine Komponente (B-B) bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark positiven dielektrischen Anisotropie von 10 bis < 30,

- optional eine Komponente (B-C) bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat positiven dielektrischen Anisotropie von  $> 1,5$  bis  $< 10$ ,

- 5
- optional eine Komponente (B-D) bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie im Bereich von  $-1,5$  bis  $+1,5$  und

- 10
- gegebenenfalls optional eine Komponente (B-E) bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer negativen dielektrischen Anisotropie von weniger als  $-1,5$ .

Die Komponente (B-A) der Komponente (B) dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen der Formel I und besteht besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen ausgewählt aus den Verbindungen der Formeln I und II,



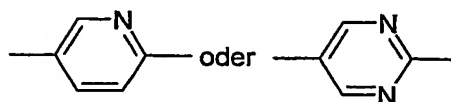
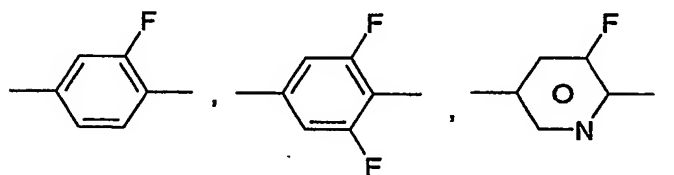
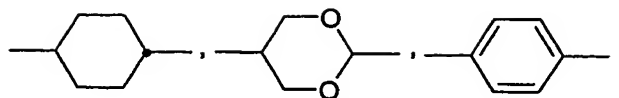
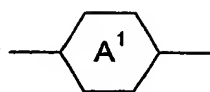
25 worin

$R^1$  Alkyl mit 1 bis 7 C-Atomen oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, jeweils bevorzugt mit 2 bis 5 C-Atomen, bevorzugt Alkyl,

30

35





$Z^{11}$  und  $Z^{12}$

jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, -CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-, -CH=CH-CO-O-, -CF=CF-CO-O-, -CF=CH-CO-O-, -CH=CF-CO-O-, -CF<sub>2</sub>-O-, -O-CF<sub>2</sub>- oder -C≡C- oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen, bevorzugt mindestens eine dieser Gruppen -COO- oder -CF<sub>2</sub>-O-,

$X^1$

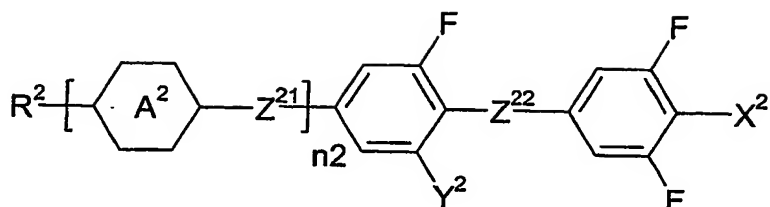
F, -OCF<sub>3</sub>, -CF<sub>3</sub>, -OCF<sub>2</sub>H, Cl, CN, -C≡C-CN oder NCS, bevorzugt CN, -CF<sub>3</sub>, -C≡C-CN oder NCS, besonders bevorzugt CN oder -CF<sub>3</sub>,

$Y^{11}$ ,  $Y^{12}$ ,  $Y^{13}$  und  $Y^{14}$  H oder F und

$n^1$

0 oder 1, bevorzugt 0 bedeuten,

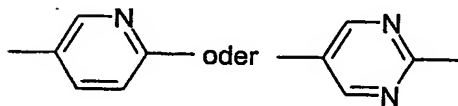
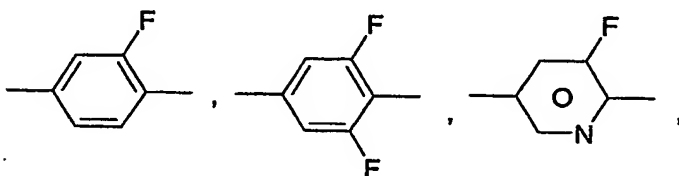
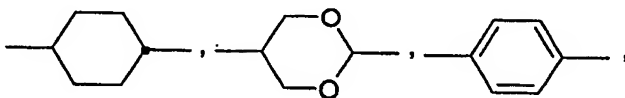
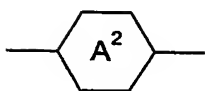
wobei die Verbindungen der Formel I bevorzugt drei oder mehr, besonders bevorzugt vier oder mehr Fluoratome an den Phenylringen tragen, bevorzugt jedoch je Phenylring nicht mehr als zwei F-atome, besonders bevorzugt bedeuten  $Y^{11}$ ,  $Y^{12}$  und  $Y^{13}$  F und bevorzugt bedeutet  $Z^{12}$  -COO-



worin

$R^2$

Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl, Alkenyloxy oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 5 C-Atomen oder Alkenyl mit 2 bis 5 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy,



$Z^{21}$  und  $Z^{22}$

jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, -CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-, -CH=CH-CO-O-, -CF=CF-CO-O-, -CF=CH-CO-O-, -CH=CF-CO-O-, -CF<sub>2</sub>-O-, -O-CF<sub>2</sub>- oder -C≡C- oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen, bevorzugt mindestens eine dieser Gruppen -COO- oder -CF<sub>2</sub>-O-,

$X^2$

F, -OCF<sub>3</sub>, -CF<sub>3</sub>, -OCF<sub>2</sub>H, Cl, CN, -C≡C-CN oder NCS, bevorzugt CN, -CF<sub>3</sub>, -C≡C-CN oder NCS, besonders bevorzugt CN,

$Y^2$  H oder F und

$n^2$  0 oder 1 bedeuten.

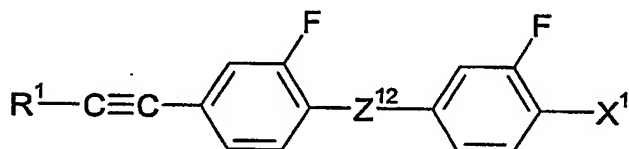
5

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung enthält die Komponente (B) der Medien eine oder mehrere Verbindungen der Formel I und bestehen bevorzugt überwiegend und besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen der Formel I

10

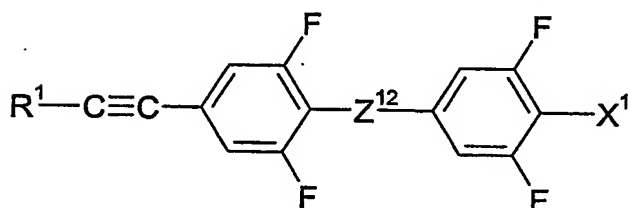
Bevorzugt werden die Verbindungen der Formel I ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen I-1 und I-2

15



I-1

20



I-2

25

worin die Parameter die oben unter Formel I gegebene Bedeutung haben und bevorzugt

$R^1$  Alkyl mit 1 bis 7, bevorzugt mit 1 bis 5, bevorzugt bis 3 C-Atomen,

30

$Z^{12}$  -COO- oder -CF<sub>2</sub>-O- und

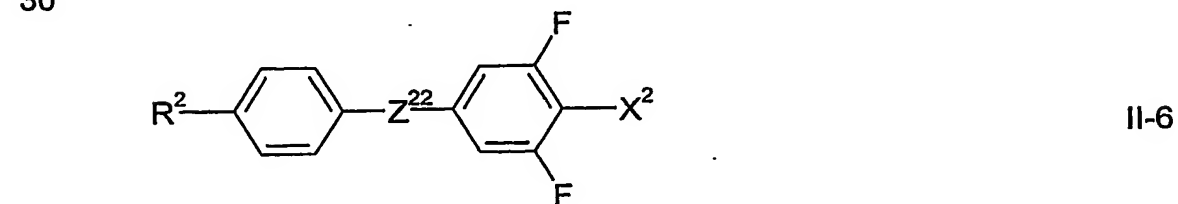
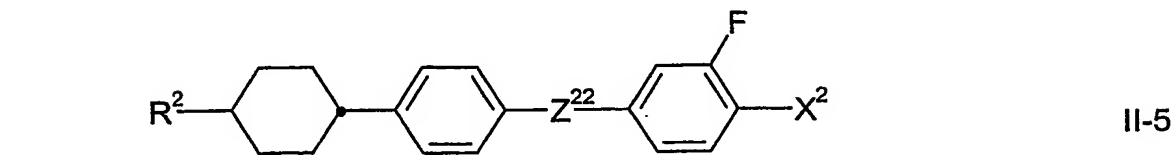
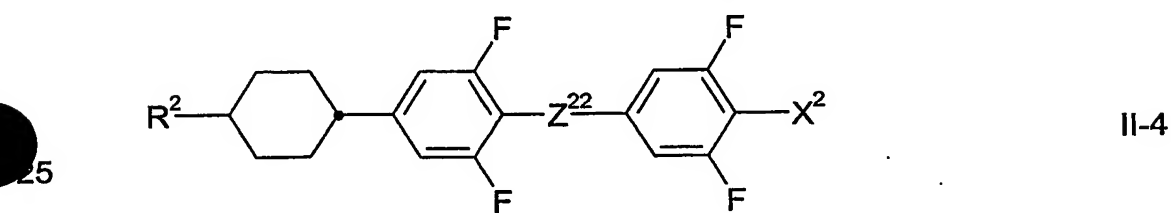
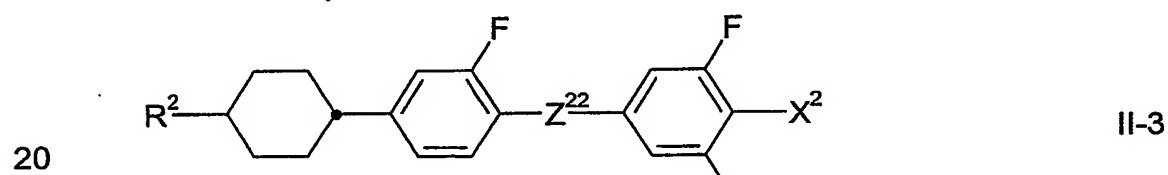
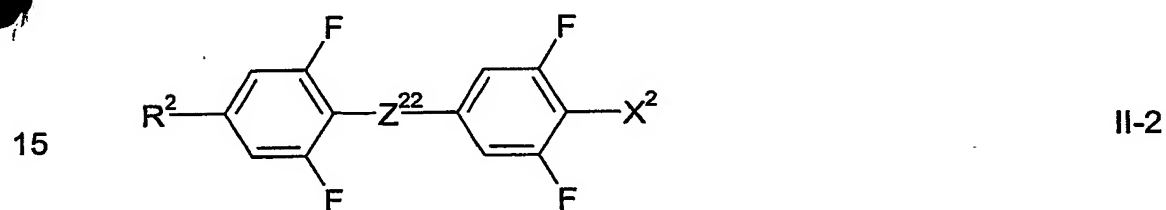
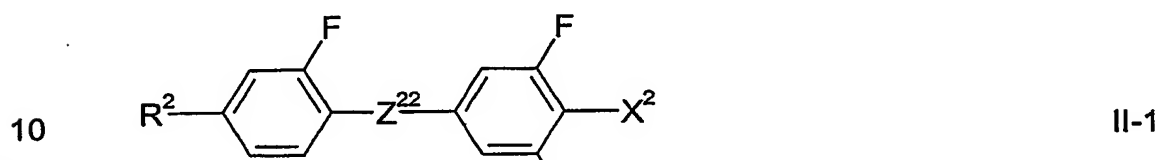
$X^1$  CN, -CF<sub>3</sub> oder NCS, bevorzugt CN oder -CF<sub>3</sub>

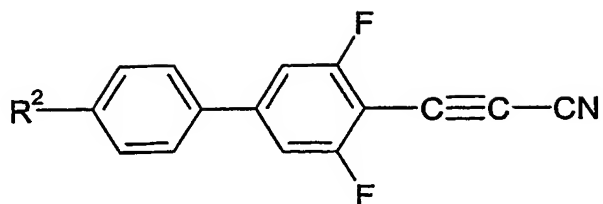
35

bedeuten.

Besonders bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen der Formel I, bevorzugt der Formel I-1 und/oder der Formel I-2, worin  $X^1$   $CF_3$  bedeutet.

5 Bevorzugt werden die Verbindungen der Formel II ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen II-1 bis II-7





II-7

5

worin die Parameter die oben unter Formel II gegebene Bedeutung haben und bevorzugt

10

$R^2$  Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl, Alkenyloxy oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 5 C-Atomen,

15

$Z^{22}$  eine Einfachbindung, -CO-O- oder -CF<sub>2</sub>-O- bevorzugt -COO- oder -CF<sub>2</sub>-O-, bei Formel II-6 auch, besonders bevorzugt, -C≡C- und

20

$X^2$  CN, oder CF<sub>3</sub>, bevorzugt CF<sub>3</sub>, bei Formel II-6 besonders bevorzugt CN, oder CF<sub>3</sub>, bevorzugt CN

bedeuten.

25

Bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln II-1 bis II-5, bevorzugt Verbindungen worin  $Z^{22}$  -CO-O- oder -CF<sub>2</sub>-O- bedeutet.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Komponente (B-A) der Komponente (B) der erfindungsgemäßen Medien bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen der Formel II und besteht besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen der Formel II.

35

Für die Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können sowohl mesogene Steuermedien verwendet werden, die in der Mesophase

eine positive dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) aufweisen, als auch solche die eine negative dielektrische Anisotropie aufweisen. Bevorzugt werden mesogene Steuermedien verwendet, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) aufweisen. Wenn die mesogenen Steuermedien eine positive dielektrische Anisotropie haben, hat die achirale Komponente (B) dieser Medien bei 1 kHz und einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts, bevorzugt in der nematischen Phase, bevorzugt einen Wert von  $\Delta\epsilon$  von 40 oder mehr, besonders bevorzugt von 50 oder mehr und ganz besonders von 60 oder mehr.

Die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie bestehen besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus der Komponente (B-A).

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie eine oder mehrere Komponenten ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten (B-B) bis (B-D), bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten (B-B) und (B-D), besonders bevorzugt der Komponente (B-B).

Die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie enthält bevorzugt

- 5% bis 80%, bevorzugt 10% bis 60%, besonders bevorzugt 18% bis 43% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I,
- 5% bis 95%, bevorzugt 15% bis 80%, besonders bevorzugt 40% bis 70% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II und
- 0% bis 30% bevorzugt 0% bis 15%, besonders bevorzugt 0% bis 10% einer oder mehrerer weiterer Verbindungen.

Die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie enthält bevorzugt

- 3% bis 45%, bevorzugt 5% bis 40%, besonders bevorzugt 10% bis 35% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I-1 und/oder
- 2% bis 35%, bevorzugt 4% bis 30%, besonders bevorzugt 5% bis 30% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I-1 und/oder
- 0 bis 30%, bevorzugt 2% bis 25%, besonders bevorzugt 5% bis 20% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-1 und/oder
- 0 bis 30%, bevorzugt 2% bis 25%, besonders bevorzugt 5% bis 20% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-2 und/oder
- 5% bis 70%, bevorzugt 15% bis 65%, besonders bevorzugt 20% bis 60% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-3 und/oder II-4, bevorzugt II-4 und/oder
- 0% bis 20% bevorzugt 0% bis 15%, besonders bevorzugt 3% bis 12% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-5 und/oder
- 0% bis 30% bevorzugt 0% bis 20%, besonders bevorzugt 3% bis 15% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-6 und/oder
- 0% bis 35% bevorzugt 0% bis 30%, besonders bevorzugt 3% bis 12% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-7.

Die Komponente (B) der mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit negativer dielektrischer Anisotropie bestehen besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus der Komponente (B-E).

Die Komponente (B-E) dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen.

Die mesogenen Medien mit negativer dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt

- eine Komponente (B-A') bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark negativen dielektrischen Anisotropie von  $-5$  oder weniger,
- 5 - optional eine Komponente (B-B') bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat negativen dielektrischen Anisotropie von  $-1,5$  bis  $< -5$ ,
- 10 - optional eine Komponente (B-C') bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie von  $-1,5$  bis  $+1,5$  und
- gegebenenfalls eine Komponente (B-D') bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer positiven dielektrischen Anisotropie von mehr als  $1,5$ .

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Anmeldung enthalten bevorzugt

- 20 - vier oder mehr, bevorzugt sechs oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Komponenten (A) und (B) und/oder
- fünf oder mehr Verbindungen der Verbindungen der Komponente (B) und/oder
- 25 - eine, zwei oder mehr Verbindungen der Verbindungen der Komponente (A).

Das mesogene Medium gemäß der vorliegenden Erfindung kann weitere Additive, z.B. Stabilisatoren oder dichroitische Farbstoffe, in üblichen

30 Konzentrationen enthalten. Die Gesamtkonzentration dieser weiteren Bestandteile liegt im Bereich von  $0\%$  bis  $10\%$ , bevorzugt im Bereich von  $0,1\%$  bis  $6\%$ , bezogen auf die Gesamtmischung. Die Konzentrationen der einzelnen dieser Verbindungen liegen bevorzugt im Bereich von  $0,1$  bis  $3\%$ . Die Konzentration dieser Verbindungen und ähnlicher Bestandteile

35 der Mischung werden bei der Angabe der Konzentrationsbereiche der



übrigen Mischungsbestandteile nicht berücksichtigt, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

5 Die Medien werden auf übliche Weise aus den Verbindungen erhalten. Zweckmäßiger Weise werden die Verbindungen die in geringerer Menge eingesetzt werden in den in größerer Menge eingesetzten Verbindungen gelöst. Wird die Temperatur während des Mischvorgangs über den Klärpunkt der überwiegenden Komponente erhöht, kann die Vollständigkeit der Auflösung leicht beobachtet werden. Die erfindungsgemäßen  
10 Medien können jedoch auch auf andere Weisen hergestellt werden. So durch den Einsatz von Vormischungen. Als Vormischungen können unter anderem Homologenmischungen und/oder eutektische Mischungen eingesetzt werden. Die Vormischungen können aber auch bereits selbst einsatzfähige Medien sein. Dies ist bei sogenannten Zwei- oder Mehr-Flaschen-Systemen (Englisch: „two-bottle systems“ oder „multi-bottle systems“) der  
15 Fall.

In der vorliegenden Anmeldung gilt, soweit nicht explizit anders angegeben, das Folgende.

20 Die angegebenen Bereiche von Werten schließen bevorzugt die Grenzwerte ein.

25 Die Konzentrationen sind in Massen-% gegeben und beziehen sich auf die vollständige Mischung. Temperaturen sind in Grad Celsius und Temperaturdifferenzen in Differenzgrad Celsius angegeben. Alle physikalischen Eigenschaften wurden bestimmt wie in "Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals", Stand Nov. 1997, Merck KGaA, Deutschland und sind für eine Temperatur von 20 °C gegeben, sofern nicht explizit anders angegeben. Die optische Anisotropie ( $\Delta n$ ),  
30 auch Doppelbrechung genannt, wird bei einer Wellenlänge von 589,3 nm bestimmt. Die dielektrischen Eigenschaften werden bei einer Frequenz von 1 kHz bestimmt. Die Eigenschaften der mesogenen Steuermedien und insbesondere die ihrer achiralen Komponenten (B) werden bei einer  
35 Temperatur von 4° unterhalb ihres jeweiligen Klärpunkts bestimmt.

Der cholesterische Pitch cholesterischer Medien bzw. chiraler nematischer Medien wird in Abhängigkeit von seiner Größe nach bekannten Methoden bestimmt.

- 5 Bei relativ großen Werten wird er nach der Methode nach Grandjean-Cano bestimmt. Hierzu wird das Material in eine thermostatisierte, keilförmige Zelle mit homogener Orientierung an den Substraten gefüllt. Die Abstände der beobachteten Disklinationslinien werden bestimmt und über den Keilwinkel wird der Pitch berechnet. Der verwendete Keilwinkel richtet sich nach dem zu bestimmenden Pitch. Typischerweise werden Zellen mit einem Keilwinkel von ca.  $0,1^\circ$  bis  $4^\circ$ , bevorzugt von  $0,5^\circ$  bis  $3^\circ$  und besonders bevorzugt von  $0,1^\circ$  bis  $2^\circ$  verwendet. Die Abstände der Disklinationslinien werden bevorzugt unter dem Mikroskop ausgemessen. Orientierungsstörungen werden durch entsprechende Mittelung der Werte berücksichtigt. Alternativ kann der Mittelwert der Abstände durch Beugung eines Laserstrahl (z.B. eines He-Ne- Lasers) am Gitter der Disklinationslinien bestimmt werden. Hierbei erfolgt die Bestimmung der Beugungsmaxima zweckmäßigerweise mittels eines Diodenarrays oder eines CCDs. Der Winkel der Keilzelle wird bevorzugt durch Mehrfachreflexion eines Laserstrahls bestimmt. Alternativ kann er aus der Geometrie der Zelle erhalten oder durch eine Eichmessung mit einem Material mit bekanntem Pitch erhalten werden. Die Meßgenauigkeit für den Pitch beträgt je nach Meßmethode und aktuellem Wert ca.  $\pm 1\%$  bis ca.  $\pm 3\%$ .
- 25 Sind die Werte des Pitches zu groß, wird die Linsen-Methode verwendet. Hierbei wird das Material zwischen einer ebenen Platte und einer konvexen Linse orientiert. Dann werden die Abstände der kreisförmigen Disklinationslinien ausgemessen. Dies kann mit einem Bildverarbeitungssystem geschehen, dadurch wird die Mittelung der Daten vereinfacht. Aus dem Radius der Linse und dem Abstand der Disklinationslinie vom Kontaktpunkt wird der Abstand der Linsenfläche zur planen Unterlage am Ort der Disklinationslinien erhalten. Die Meßgenauigkeit dieser Methode ist etwas geringer als bei der mit den Keilzellen aber es kann ein großer Bereich an Pitch-Werten abgedeckt werden.

Sehr kleine Werte des Pitches werden mit der Methode der Selektivreflexion bestimmt. Hierzu wird die Transmission durch eine orientierte Probe des Materials bestimmt. Aus der Wellenlänge des Maximums der Selektivreflexion wird über den Brechungsindex des Materials der Pitch erhalten. Bei dieser Methode beträgt die Meßgenauigkeit für den Pitch beträgt ebenfalls ca. +/- 1%.

Die HTP der chiralen Materialien, insbesondere der chiralen Einzelverbindungen, wird nach der vorliegenden Anmeldung bei einer Temperatur von 20°C in der kommerziellen, nematischen Wirtsmischung MLC-6828 der Fa. Merck KGaA, Darmstadt nach der Grandjean-Cano Methode bestimmt. Die Temperaturabhängigkeit der HTP wird im Bereich von 0°C bis 50°C untersucht und typischerweise bei 20°C angegeben. In der Regel wird auch die HTP in der in der kommerziellen, nematischen Wirtsmischung MLC-6260, ebenfalls der Fa. Merck KGaA, bestimmt.

Wenn der cholesterische Pitch eines Steuermediums nicht bestimmt werden kann, wird er aus der HTP der Komponente (A) in der Komponente (B) extrapoliert. Wenn auch der Wert der HTP der Komponente (A) in der Komponente (B) bei der entsprechenden Temperatur nicht bestimmt werden kann, wird auch dieser extrapoliert und zwar aus der Temperaturabhängigkeit der HTP, in der Regel bei tieferen Temperaturen.

Im Zusammenhang mit Angaben zur Zusammensetzung der Medien, bzw. ihrer Komponenten, bedeutet

- „enthalten“, dass die Konzentration des jeweiligen genannten Materials, also der Komponente oder der Verbindung, in der Bezugseinheit, also dem Medium bzw. der Komponente, bevorzugt 10% oder mehr, besonders bevorzugt 20 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 30% oder mehr beträgt,
- „überwiegend bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 50% oder mehr, besonders

bevorzugt 60 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 70% oder mehr beträgt und

- 5        - „nahezu vollständig bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 80% oder mehr, besonders bevorzugt 90 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 95% oder mehr beträgt.

10       Dielektrisch positive Verbindungen haben ein  $\Delta\epsilon > 1,5$ , dielektrisch neutrale Verbindungen haben ein  $\Delta\epsilon$  im Bereich  $-1,5 \leq \Delta\epsilon \leq 1,5$  und dielektrisch negative Verbindungen haben ein  $\Delta\epsilon < -1,5$ . Die selben Definitionen gelten auch für Komponenten von Mischungen und für Mischungen.

15       Die dielektrischen Eigenschaften, elektrooptischen Eigenschaften (z.B. die Schwellenspannungen) und die Schaltzeiten wurden in bei der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland hergestellten Testzellen, bestimmt. Die Testzellen zur Bestimmung von  $\Delta\epsilon$  hatten eine Schichtdicke von 22  $\mu\text{m}$  und eine kreisförmige Elektrode aus Indiumzinnoxid (ITO) mit einer Fläche von 1,13  $\text{cm}^2$  und einem Schutzring. Für homeotrope Orientierung zur Bestimmung von  $\epsilon_{||}$  wurden Zellen mit einer homeotrop orientierenden Polyimid-Orientierungsschicht verwendet. Alternativ kann Lezithin (Merck KGaA) als Orientierungsmittel verwendet. Die Zellen zur Bestimmung von  $\epsilon_{\perp}$  hatten Orientierungsschichten aus dem Polyimid AL-1054 der Firma Japan Synthetic Rubber, Japan. Die Kapazitäten wurden in der Regel mit einem Frequenzanalysator Solatron 1260 mit einer Rechteckwelle mit einer Effektivspannung von 0,3  $V_{\text{rms}}$  gemessen. Bei Materialien mit einer hohen dielektrischen Anisotropie, bei denen bei einer Spannung von 0,3  $V_{\text{rms}}$  bereits eine Umorientierung des Flüssigkristalldirektors auftritt wird abweichend eine niedrigere Spannung von 0,1  $V_{\text{rms}}$  verwendet. Die elektrooptischen Untersuchungen wurden mit weißem Licht durchgeführt. Die charakteristischen Spannungen wurden unter senkrechter Beobachtung bestimmt.

35       Die dielektrischen Eigenschaften der Materialien werden bevorzugt bei einer Frequenz von 1 kHz und, wenn möglich, bei 20°C, sowie bei einer

Temperatur von 4° unterhalb der Übergangstemperatur in die optisch isotrope Phase (Blaue Phase oder isotrope Phase), die mit steigender Temperatur zuerst auftritt, sowie bei einer Temperatur von 4° oberhalb des Klärpunkts, bzw. der charakteristischen Temperatur des jeweiligen Materials bestimmt.

Die dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) der Verbindungen wird durch Extrapolation der Werte einer 10%-igen Lösung der jeweiligen Verbindung in einer Wirtsmischung bei 20°C auf einen Anteil der jeweiligen Verbindung von 100% bestimmt. Die Kapazitäten der Testmischungen werden sowohl in einer Zelle mit homeotroper, als auch in einer Zelle mit homogener Randoorientierung bestimmt. Die Schichtdicke beider Zellentypen beträgt ca. 20 µm. Zur Messung wird eine Rechteckwelle mit einer Frequenz von 1 kHz und einer effektiven Spannung (rms, Englisch: „root mean square“) von typischer Weise 0,1 V, bzw. 0,2 V bis 1,0 V verwendet. In jedem Fall ist die verwendete Spannung niedriger als die kapazitive Schwelle der jeweils untersuchten Mischung.

Für dielektrisch positive Verbindungen wird die Mischung ZLI-4792 und für dielektrisch neutrale, sowie für dielektrisch negative Verbindungen, die Mischung ZLI-3086, beide von Merck KGaA, Deutschland, als Wirtsmischung verwendet. Diese Wirtsmischungen werden auch für Komponenten und Medien verwendet, die selbst bei der betreffenden Temperatur keine nematische Phase aufweisen, bzw. die nicht bis zu der betreffenden Temperatur in der nematischen Phase unterkühlt werden können. Ist die Löslichkeit der Verbindungen, Komponenten oder Medien in der jeweiligen Wirtsmischung geringer als 10%, wird ausnahmsweise die Konzentration der untersuchten Substanz auf 5% erniedrigt. Ist die Löslichkeit einer dielektrisch positiven Substanz (einer Verbindung, einer Komponente eines Mediums oder eines Mediums) in der Wirtsmischung ZLI-4792 geringer als 5%, so wird die nematische Mischung MLC-6828, Merck KGaA, Deutschland als Wirtsmischung verwendet. Auch hier wird nötigenfalls die Konzentration der zu untersuchenden Substanz von 10% auf 5% halbiert. Aus der Änderung der Werte gegenüber denen der Wirtsmischung wird auf den Wert der reinen Substanz extrapoliert.

Die erfindungsgemäßen Medien enthalten bevorzugt 0% bis 10% an Verbindungen deren Löslichkeit in der entsprechenden Wirtsmischung (ZLI-3086 bzw. MLC-6828) geringer als 5% ist. Bevorzugt ist die Konzentration dieser Verbindungen 8% oder weniger, besonders bevorzugt 5% oder weniger und ganz besonders bevorzugt 4% oder weniger.

Die dielektrische Anisotropie der Verbindungen, Komponenten oder Medien, die bei 20°C oder bei einer Temperatur von 4° unterhalb ihres Klärpunkts nicht in der nematischen Phase vorliegen, bzw. die nicht bis zu dieser Temperatur in dieser Phase unterkühlbar sind, werden aus einer Wirtsmischung bestimmt, wie oben bei den Verbindungen beschrieben.

Die Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_{||}$  und  $\epsilon_{\perp}$  werden mit einer absoluten Genauigkeit von ca. +/-0,1 bis +/-0,2 bestimmt, wodurch sich für die dielektrische Anisotropie ( $\Delta\epsilon$ ) eine absolute Genauigkeit von ca. +/-0,2 bis +/-0,4, typischerweise von +/-0,3 ergibt.

Die dielektrische Suszeptibilität der Medien wird bei einer Temperatur von 4° oberhalb ihrer charakteristischen Temperatur bestimmt. Sie wird mittlere dielektrische Suszeptibilität ( $\epsilon_{av.}$ ) genannt, da sie auch, in erster Näherung, aus der Extrapolation der mittleren dielektrischen Suszeptibilität des nematischen Mediums über dessen Klärpunkt hinaus erhalten werden kann. Die dielektrische Suszeptibilität der Medien wird mit einer absoluten Genauigkeit von ca. +/-0,1 bis +/-0,2 bestimmt.

Der Wert der Doppelbrechung der Komponenten (B) der erfindungsgemäßen Medien wird hier in der nematischen Phase bei 20°C und bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts gemessen. Ist das Medium bei einer dieser beiden Temperaturen oder bei diesen beiden Temperaturen nicht stabil nematisch oder zumindest bis zu dieser Temperatur in der nematischen Phase unterkühlbar, so wird die Doppelbrechung einer Mischung aus der entsprechenden nematischen Wirtsmischung extrapoliert, wie oben bei der Bestimmung der dielektrischen Anisotropie beschrieben.

Der Begriff Schwellenspannung bedeutet in der vorliegenden Anmeldung die optische Schwelle und wird für einen relativen Kontrast von 10 % ( $V_{10}$ ) angegeben. Die Mittgrauspannung und die Sättigungsspannung werden ebenfalls optisch bestimmt und für einen relativen Kontrast von 50%, bzw. von 90 % angegeben. Als Bezugsgröße und charakteristischer Wert der elektrooptischen Kennlinie der verschiedenen Medien wird in der vorliegenden Anmeldung in der Regel die Spannung ( $V_{10}$ ), in Ausnahmefällen auch die Spannung ( $V_{70}$ ), angegeben bei der die Kennlinie zum ersten Mal den Wert von 70% relativem Kontrast erreicht. Wird die kapazitive Schwellenspannung ( $V_0$ ), auch Freedericksz-Schwelle genannt, oder die Spannung bei der 100% relativer Kontrast erreicht wird ( $V_{100}$ ) angegeben, so ist dies explizit angegeben.

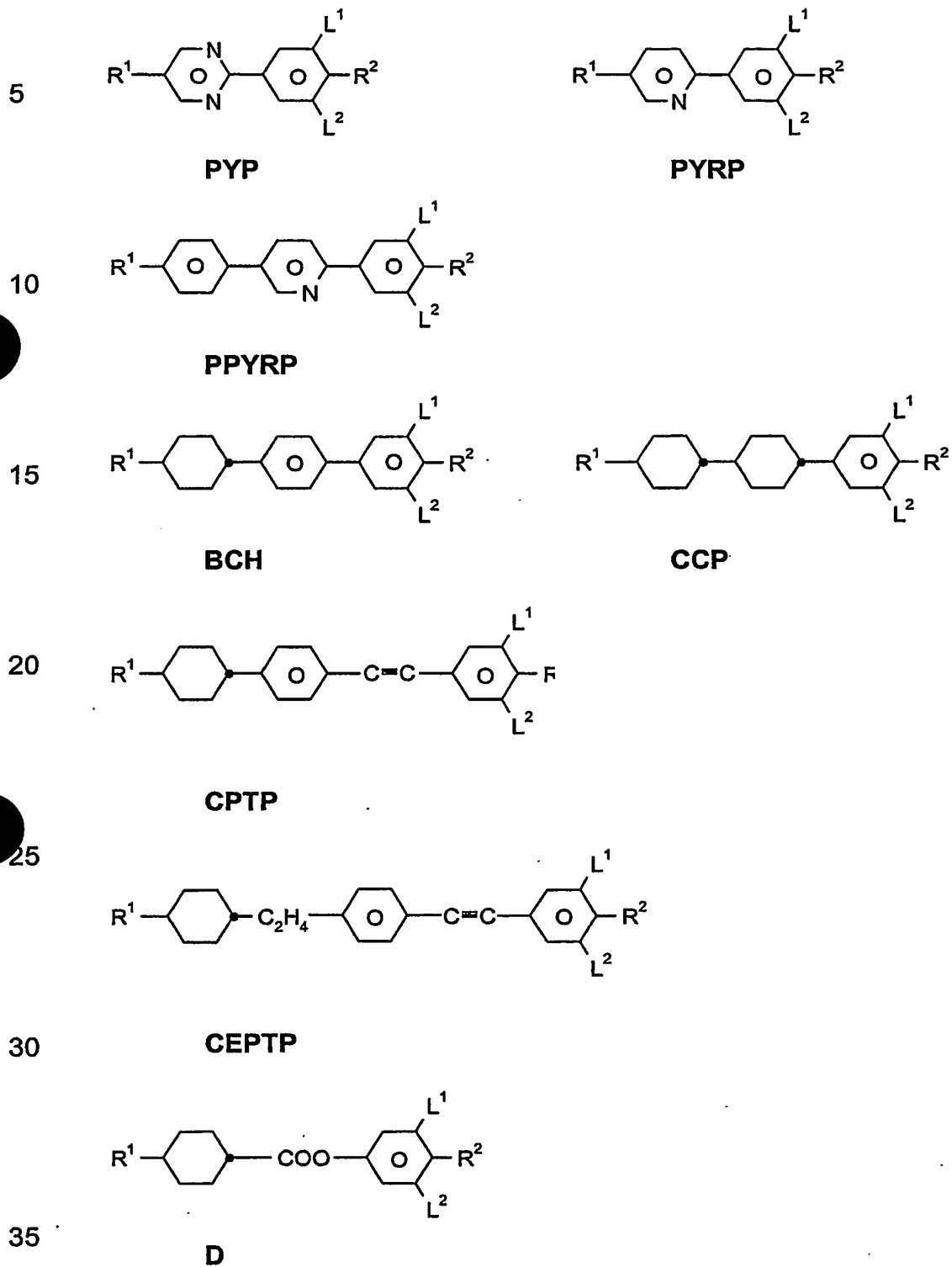
Die Medien wurden in Testzellen mit interdigitalen Elektroden gefüllt. Die Schichtdicke der Testzellen betrug in der Regel ca. 10  $\mu\text{m}$ . Die Breite der Elektroden betrug 10  $\mu\text{m}$  und der Abstand zwischen den benachbarten Elektroden betrug ebenfalls 10  $\mu\text{m}$ . Die elektrooptische Kennlinie wurde bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der charakteristischen Temperatur des jeweiligen Mediums bestimmt. Beim Einfüllen der Medien in eine Zelle wurde in einigen Fällen eine leichte Erhöhung des Klärpunkts beobachtet. Dieser Effekt ist möglicherweise mit einer gewissen Stabilisierung der nematischen Phase in dünnen Schichten zu erklären. Die Erhöhung des Klärpunkts betrug in einigen Fällen 0,5 Grad und bis zu ca. 0,7 Grad. Bei Medien bei denen die charakteristische Temperatur (bzw. der Klärpunkt) in der Zelle von dem im Bulk abweicht, wird hier die charakteristische Temperatur (der Klärpunkt) in der Zelle zur Charakterisierung verwendet.

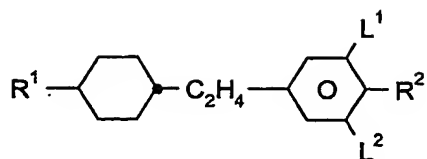
In der vorliegenden Anmeldung, besonders in den im folgenden beschriebenen Beispielen werden die Strukturen der chemischen Verbindungen mittels Abkürzungen angegeben. Die Bedeutung der jeweiligen Abkürzungen ist in den folgenden Tabellen A und B zusammengestellt.

Alle Gruppen  $C_nH_{2n+1}$  und  $C_mH_{2m+1}$  sind geradkettige Alkylgruppen mit n bzw. m C-Atomen. Tabelle B ist aus sich selbst heraus verständlich, da sie jeweils die vollständige Abkürzung für eine Formel homologer Verbindungen angibt. In Tabelle A sind nur die Abkürzungen für die Kernstrukturen der Verbindungstypen zusammengestellt. Die Abkürzungen für die jeweiligen einzelnen Verbindungen setzen sich aus der jeweils zutreffenden dieser Abkürzungen für den Kern der Verbindung und der mittels einem Bindestrich angehängten Abkürzung für die Gruppen  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $L^1$  und  $L^2$  gemäß folgender Tabelle zusammen.

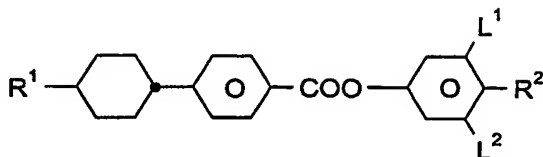


	Abkürzung für R <sup>1</sup> , R <sup>2</sup> , L <sup>1</sup> , L <sup>2</sup>	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	L <sup>1</sup>	L <sup>2</sup>
5	nm	$C_nH_{2n+1}$	$C_mH_{2m+1}$	H	H
	nOm	$C_nH_{2n+1}$	$OC_mH_{2m+1}$	H	H
	nO.m	$OC_nH_{2n+1}$	$C_mH_{2m+1}$	H	H
	n	$C_nH_{2n+1}$	CN	H	H
	nN.F	$C_nH_{2n+1}$	CN	H	F
10	nN.F.F	$C_nH_{2n+1}$	CN	F	F
	nON.F.F	$OC_nH_{2n+1}$	CN	F	F
	nOF	$OC_nH_{2n+1}$	F	H	H
	nCl	$C_nH_{2n+1}$	Cl	H	H
	nCl.F	$C_nH_{2n+1}$	Cl	H	F
15	nCl.F.F	$C_nH_{2n+1}$	Cl	F	F
	nF	$C_nH_{2n+1}$	F	H	H
	nF.F	$C_nH_{2n+1}$	F	H	F
	nF.F.F	$C_nH_{2n+1}$	F	F	F
	nmF	$C_nH_{2n+1}$	$C_mH_{2m+1}$	F	H
20	nCF <sub>3</sub>	$C_nH_{2n+1}$	CF <sub>3</sub>	H	H
	nOCF <sub>3</sub>	$C_nH_{2n+1}$	OCF <sub>3</sub>	H	H
	nOCF <sub>3</sub> .F	$C_nH_{2n+1}$	OCF <sub>3</sub>	H	F
	nOCF <sub>3</sub> .F.F	$C_nH_{2n+1}$	OCF <sub>3</sub>	F	F
	nOCF <sub>2</sub>	$C_nH_{2n+1}$	OCHF <sub>2</sub>	H	H
25	nOCF <sub>2</sub> .F	$C_nH_{2n+1}$	OCHF <sub>2</sub>	H	F
	nOCF <sub>2</sub> .F.F	$C_nH_{2n+1}$	OCHF <sub>2</sub>	F	F
	nS	$C_nH_{2n+1}$	NCS	H	H
	nS.F	$C_nH_{2n+1}$	NCS	H	F
	nS.F.F	$C_nH_{2n+1}$	NCS	F	F
30	rVsN	$C_rH_{2r+1}-CH=CH-C_sH_{2s}-$	CN	H	H
	rOsN	$C_rH_{2r+1}-O-C_sH_{2s}-$	CN	H	H
	nEm	$C_nH_{2n+1}$	$COOC_mH_{2m+1}$	H	H

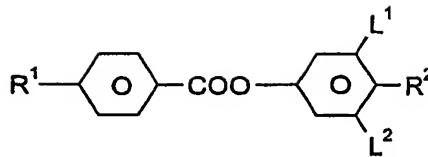
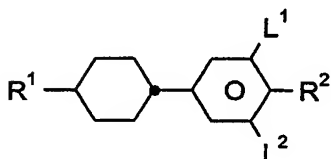
**Tabelle A:**



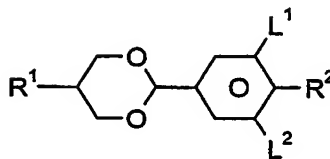
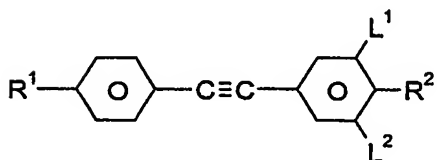
5

**EPCH**

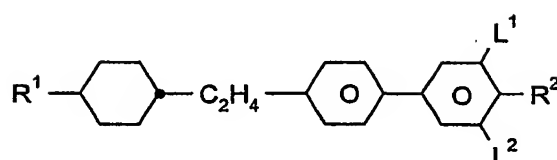
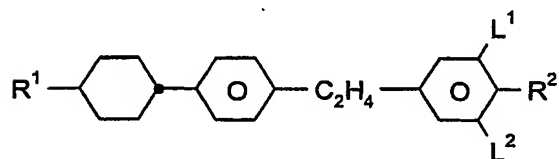
10

**HP****ME**

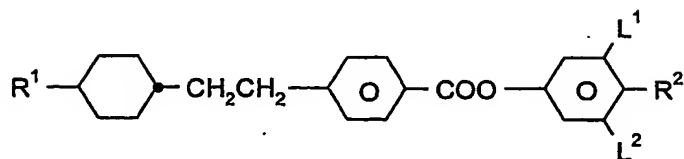
15

**PCH****PDX**

20

**PTP****BECH**

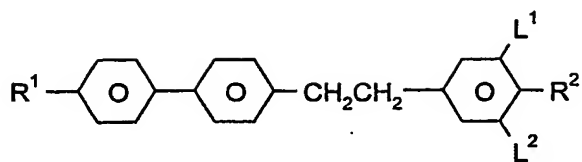
25

**EBCH**

30

**EHP**

35

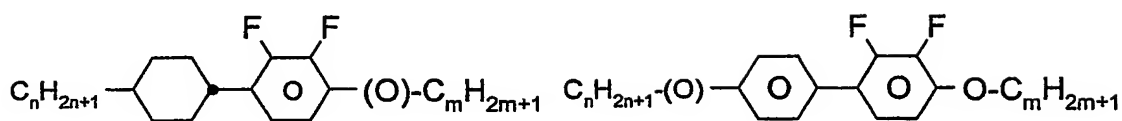


5

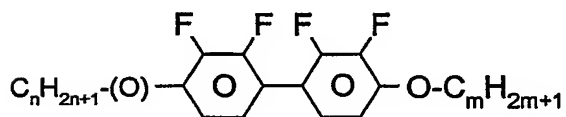
ET

**Tabelle B:**

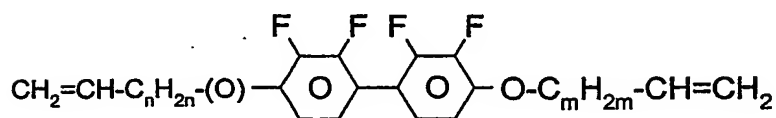
10

**PCH-n(O)mFF****PY-n(O)-Om**

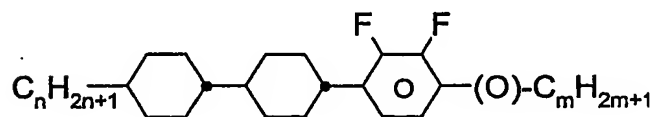
15

**YY-n(O)-Om**

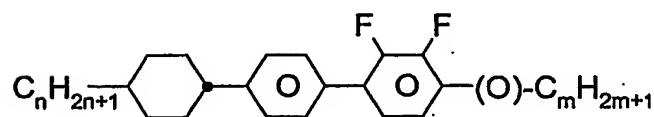
20

**YY-Vn(O)-OmV**

25

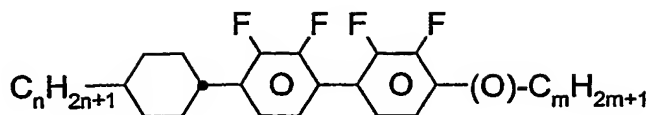
**CCP-n(O)mFF**

30

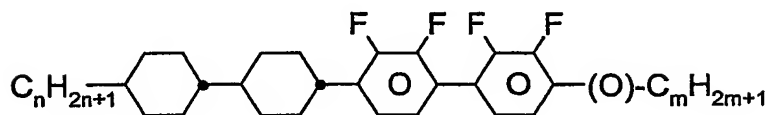


35

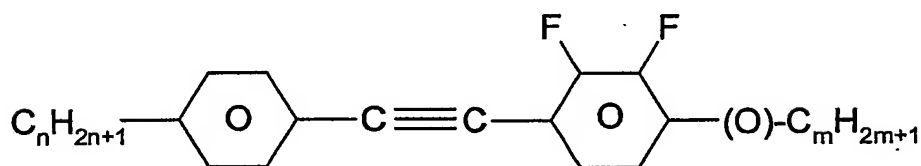
**CPY-n(O)-m**



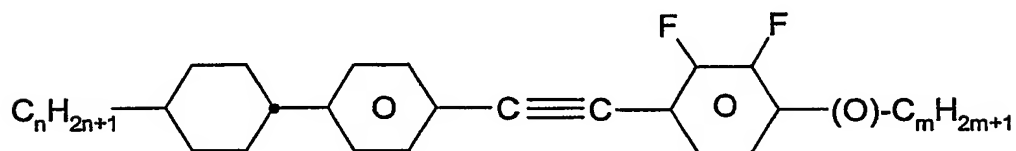
5

**CYY-n-(O)m**

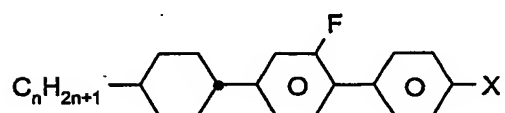
10

**CCYY-n-(O)m**

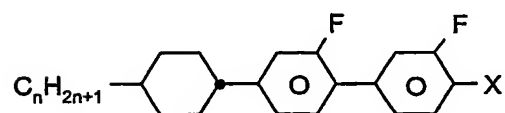
15

**PTP-n(O)mFF**

20

**CPTP-n(O)mFF**

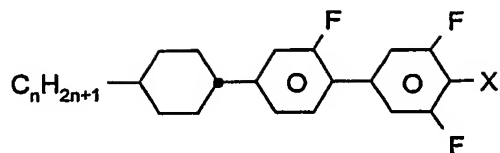
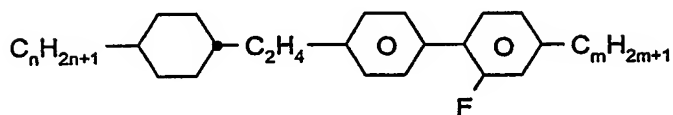
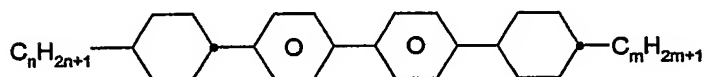
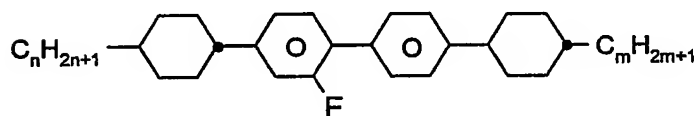
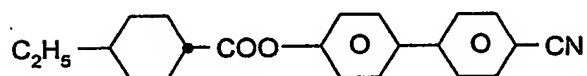
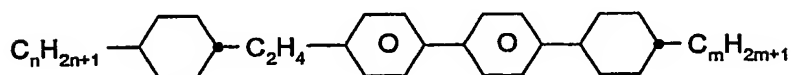
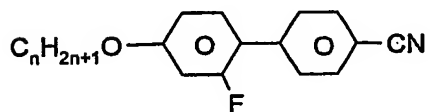
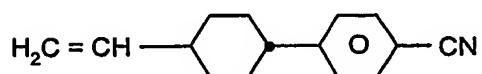
25

**CGP-n-X**(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = „S“ und CF<sub>3</sub> = „T“)

30

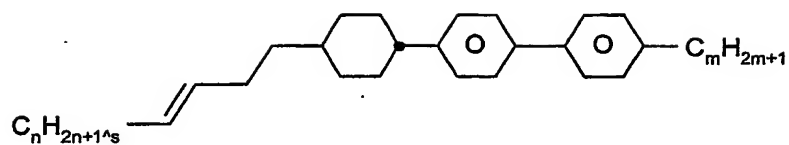
**CGG-n-X**(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = „S“ und CF<sub>3</sub> = „T“)

35

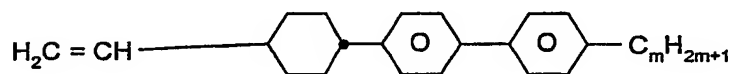
**CGU-n-X**(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = S und CF<sub>3</sub> = „T“)**Inm****CBC-nm****CBC-nmF****CHE****ECBC-nm****GP-nO-N**

**CP-V-N**

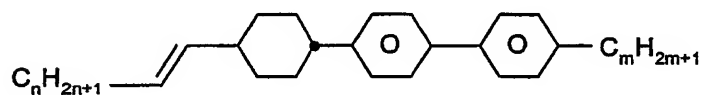
5

**CPP-nV2-m**

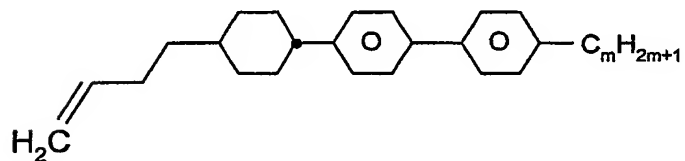
10

**CPP-V-m**

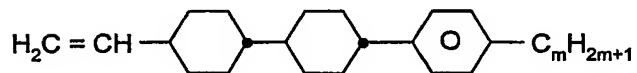
15

**CPP-nV-m**

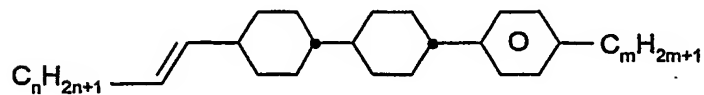
20

**CPP-V2-m**

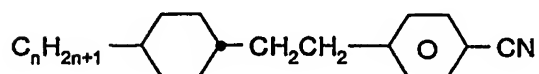
25

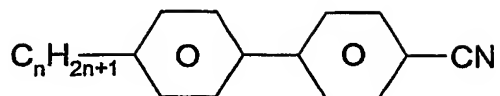
**CCP-V-m**

30

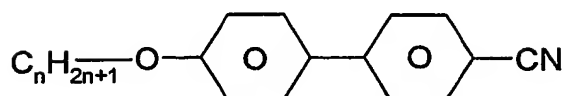
**CCP-nV-m**

35

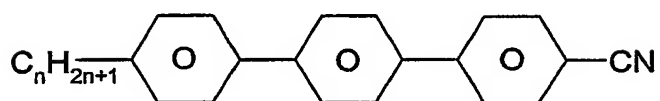


**G3·n**

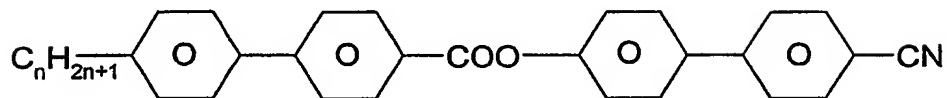
5

**K3·n**

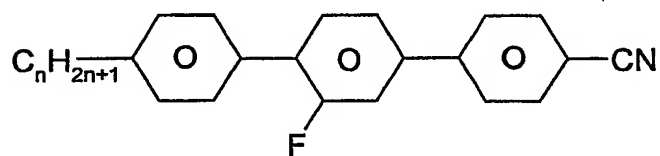
10

**M3·n**

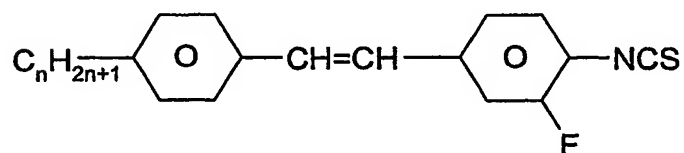
15

**T3·n**

20

**BB3·n**

25

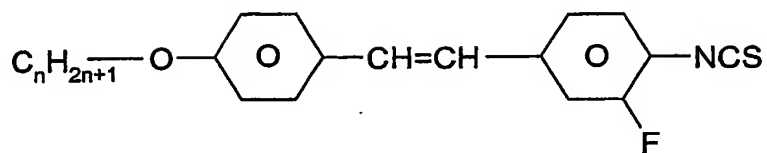
**PGIP-n-N**

30

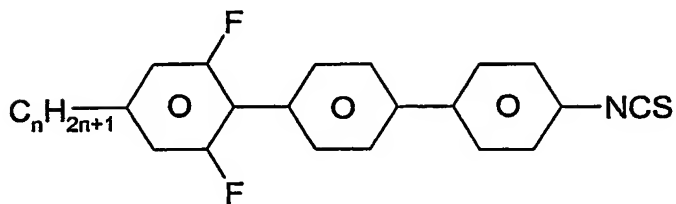
**PVG-n-S**

35

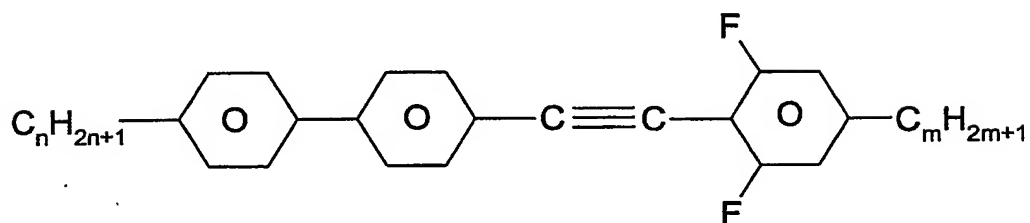




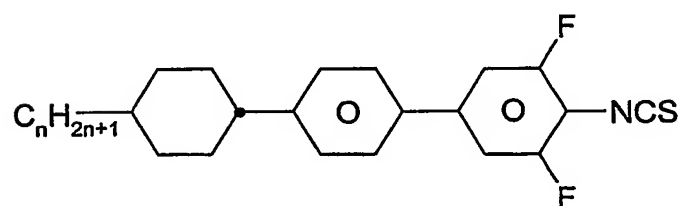
5

**PVG-nO-S**

10

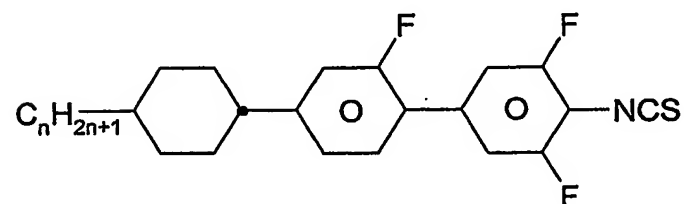
**UPP-n-S**

15

**PPTUI-n-m**

20

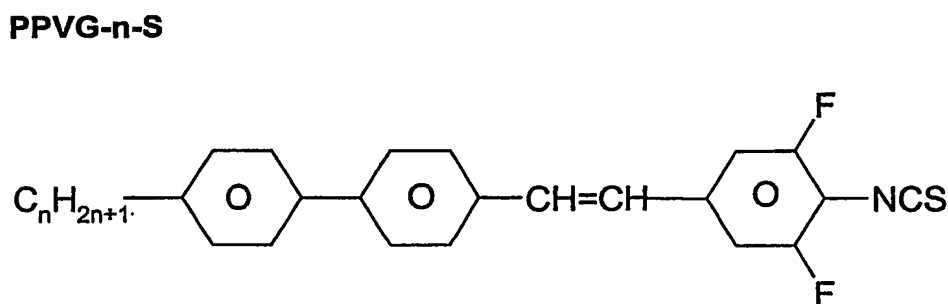
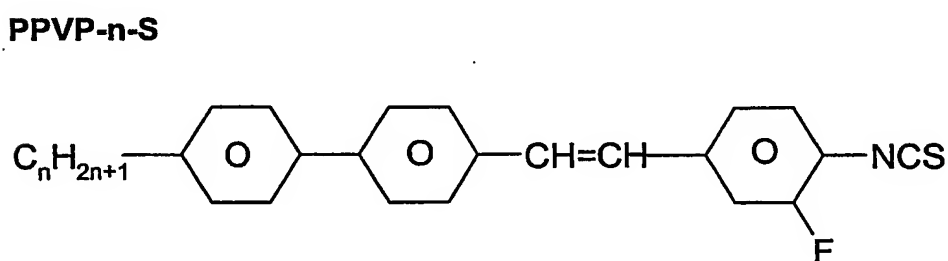
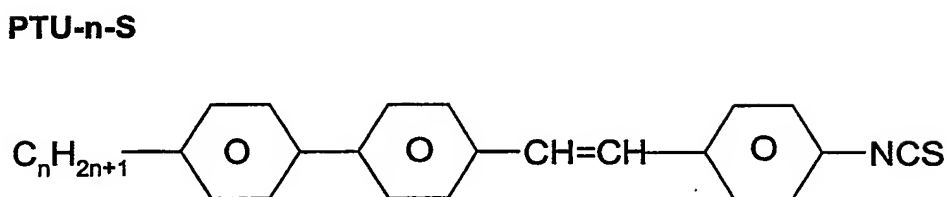
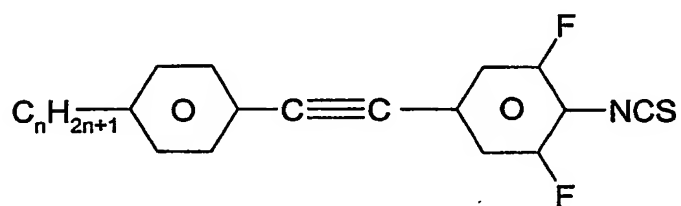
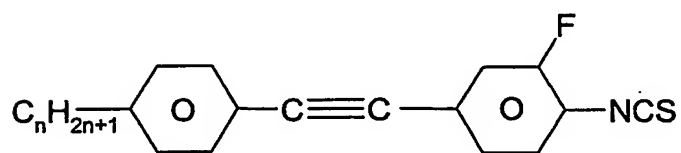
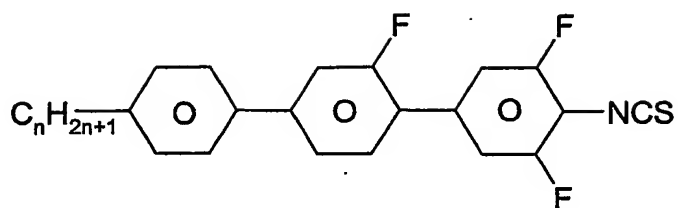
25

**CPU-n-S**

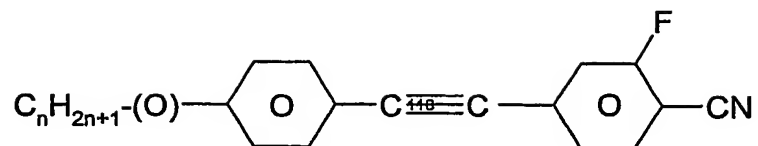
30

**CGU-n-S**

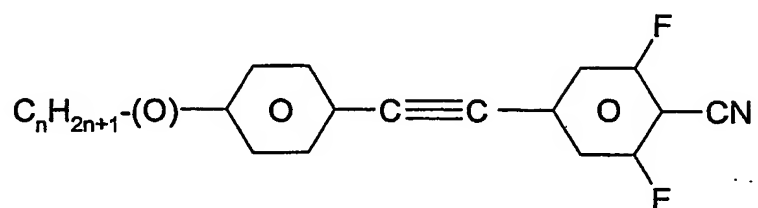
35



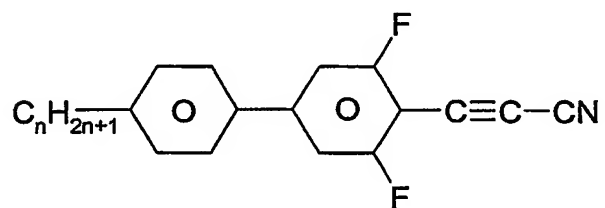
5

**PTG-n(O)-N**

10

**PTU-n(O)-N**

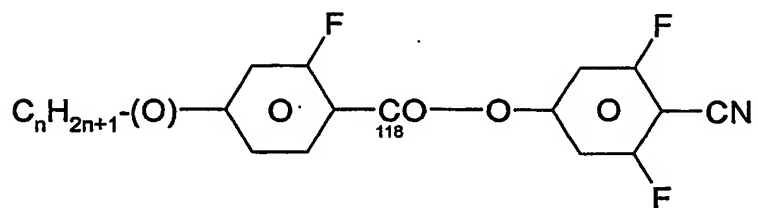
15



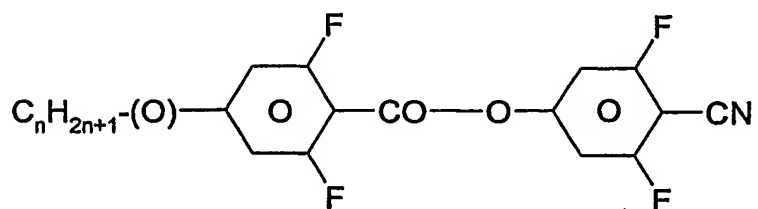
20

**PU-n-AN**

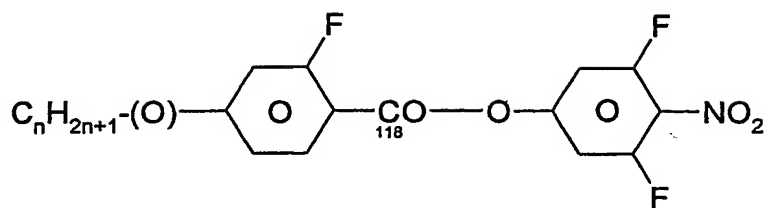
25

**GZU-n(O)-N**

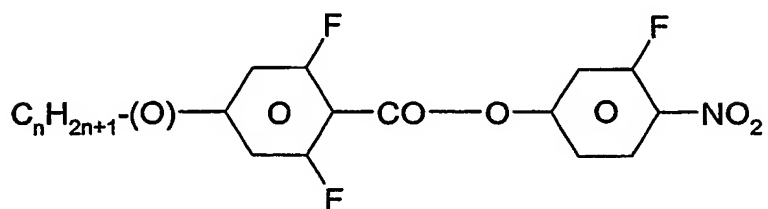
30

**UZU-n(O)-N**

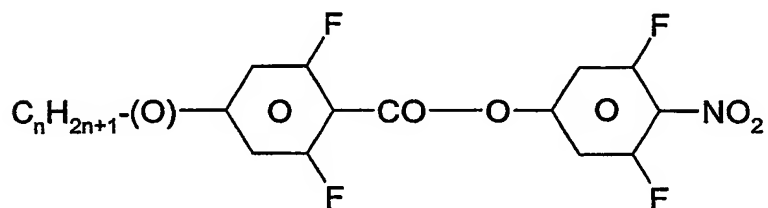
35



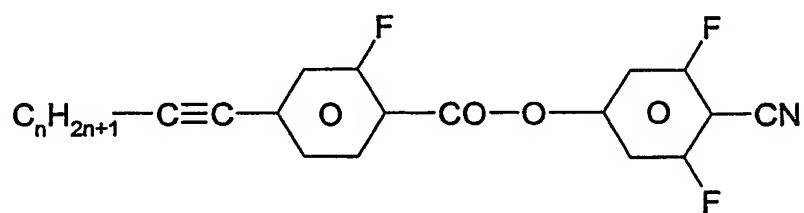
5

**GZU-n(O)-NO<sub>2</sub>**

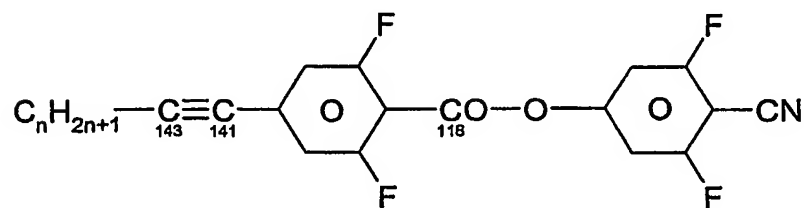
10

**UZG-n(O)-NO<sub>2</sub>**

15

**UZU-n(O)-NO<sub>2</sub>**

20

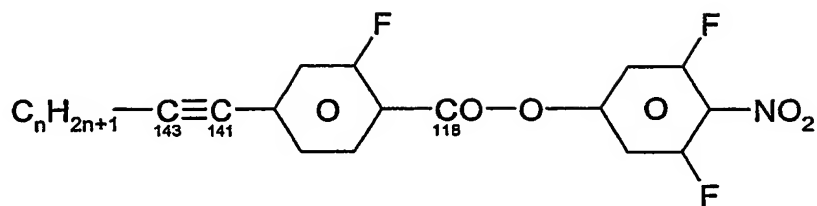
**GZU-nA-N**

25

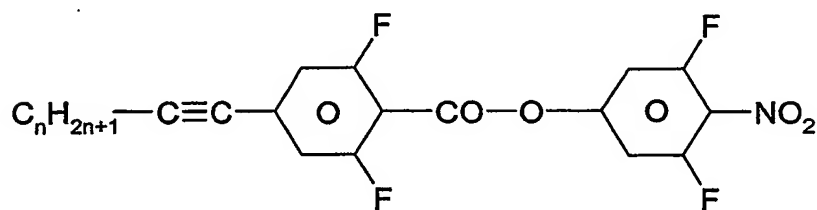
30

**UZU-nA-N**

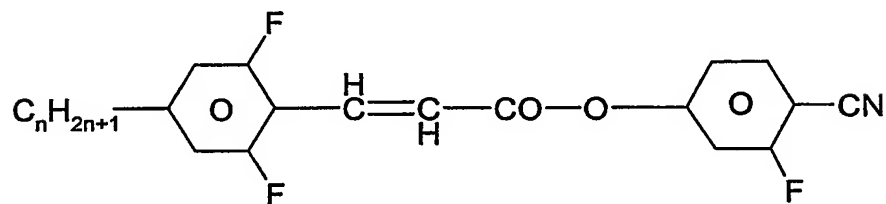
35



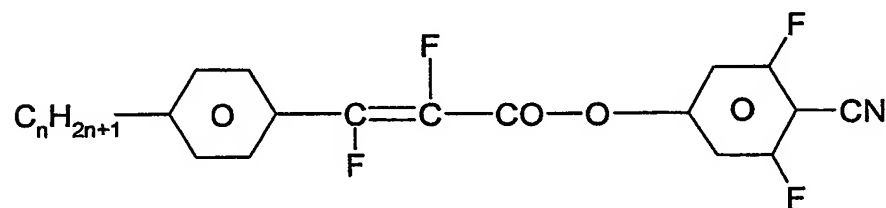
5

**GZU-nA-NO2**

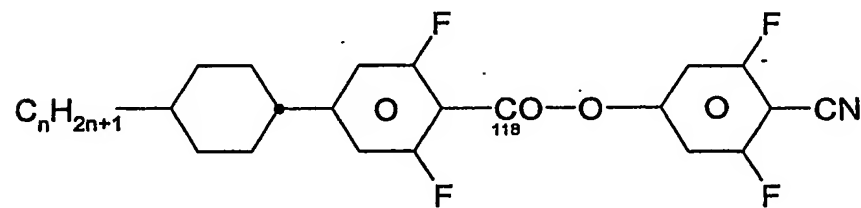
10

**UZU-nA-NO2**

15

**UVZG-n-N**

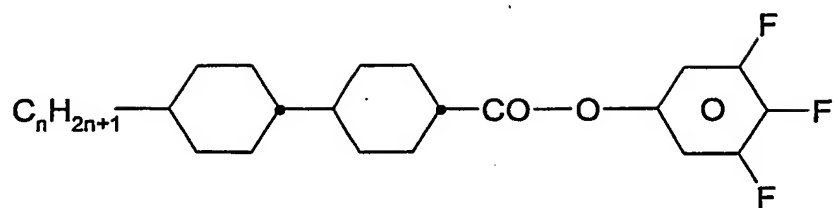
20

**PWZU-3-N**

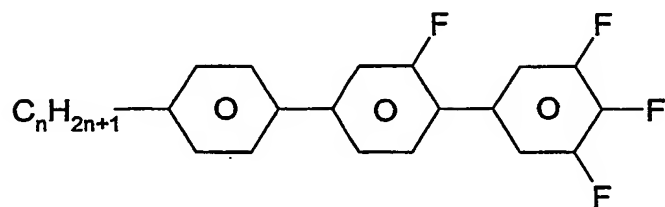
30

**CUZU-n-N**

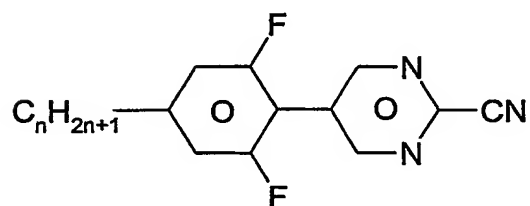
35



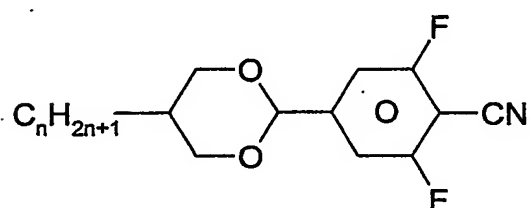
5

**CCZU-n-F**

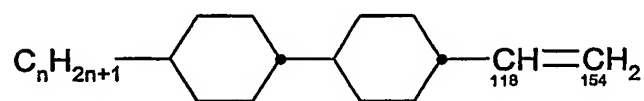
10

**PGU-n-F**

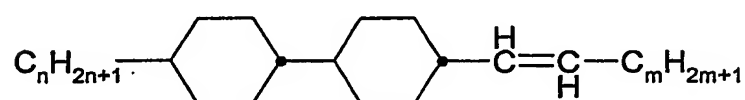
15

**UM-n-N**

20

**DU-n-N**

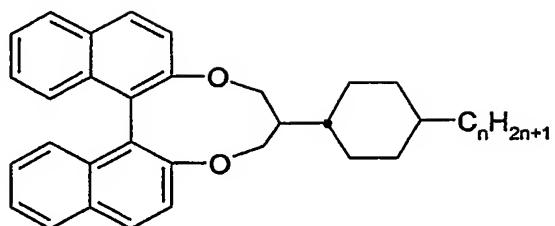
30

**CC-n-V**

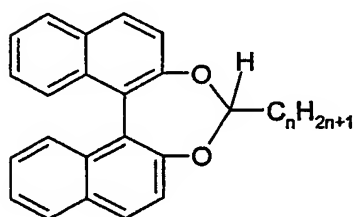
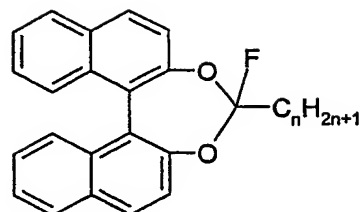
35

**CC-n-Vm**

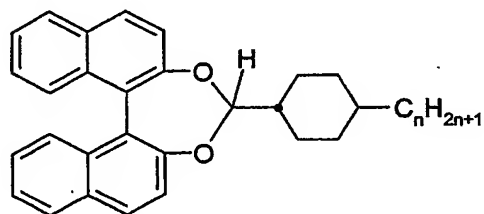
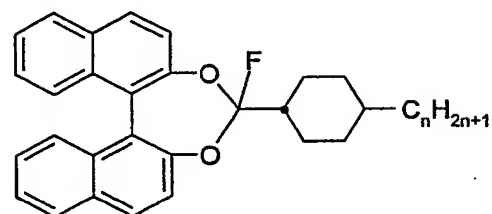
5

**B(OC)2C\*H-C-n**

10

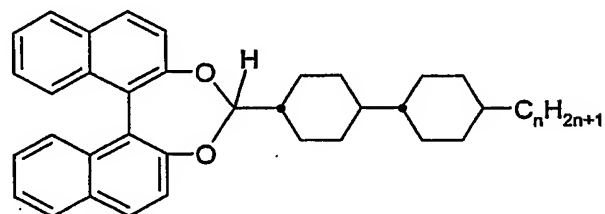
**B02C\*H-n****B02C\*F-n**

15

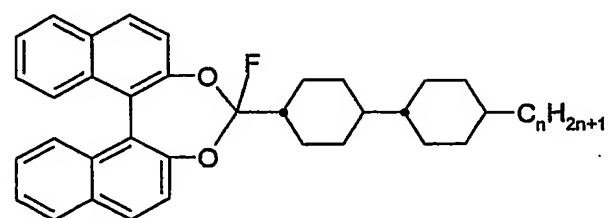
**B02C\*H-C-n****B02C\*F-C-n**

20

25

**B02C\*H-CC-n**

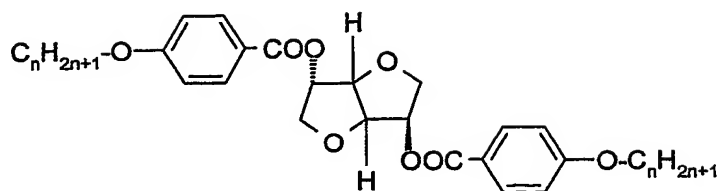
30



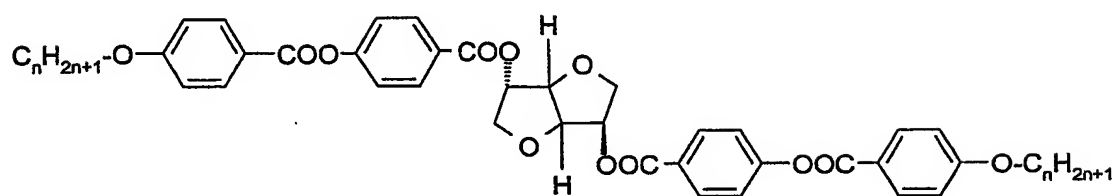
35

**B02C\*F-CC-n**

5

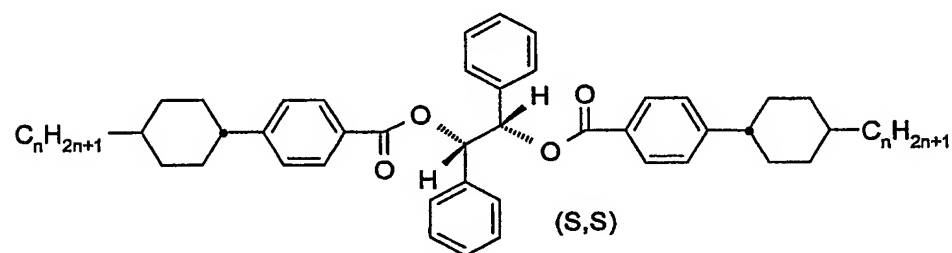
**(nOPZ)2X\***

10

**(n0PZPZ)2X\***

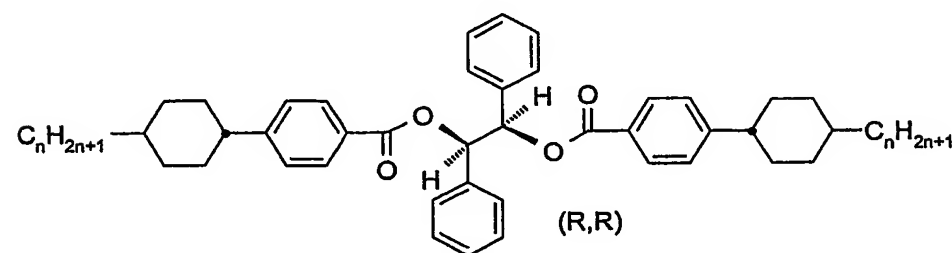
15

20

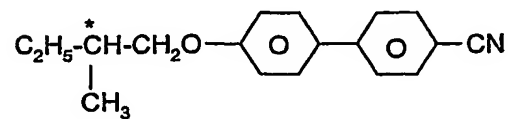
**SS-(nCPZ)2BE**

25

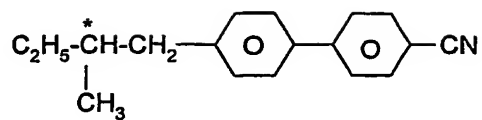
30

**RR-(nCPZ)2BE**

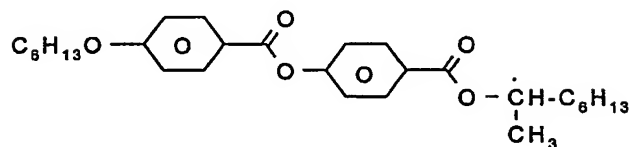
35

**C 15**

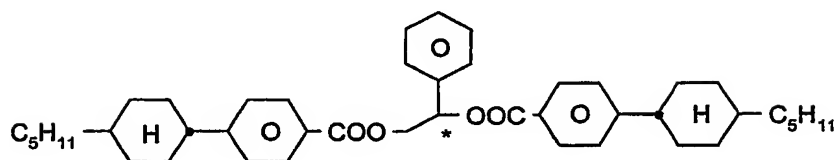


**CB 15**

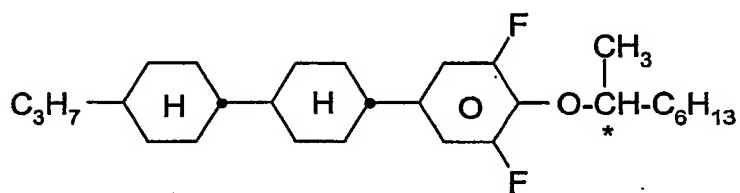
5

**R/S-811**

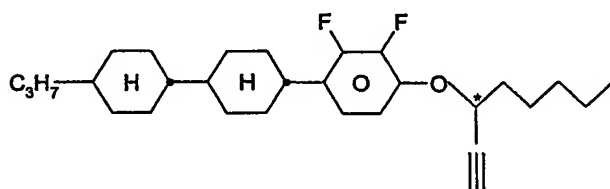
10



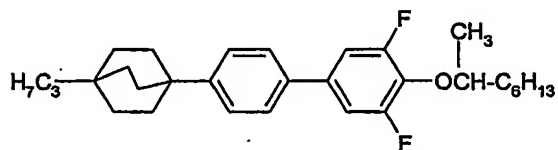
15

**R S-1011/S-1011**

20

**R-2011/S-2011**

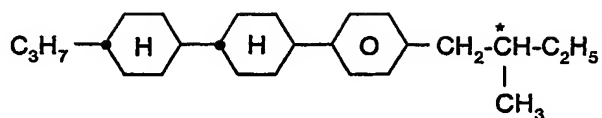
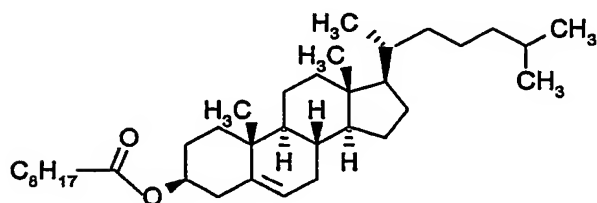
25

**R S-3011/S-3011**

30

**R-4011/S-4011**

35

**CM 44****CN**

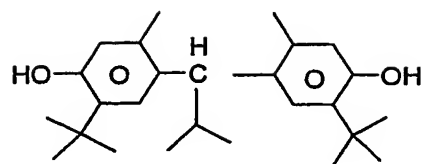
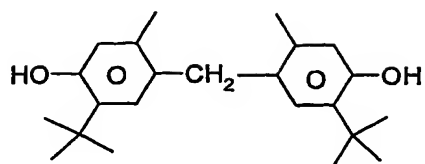
Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Anmeldung enthalten bevorzugt

- vier oder mehr, bevorzugt sechs oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabellen A und B und/oder
- fünf oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle B und/oder
- zwei oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle A.

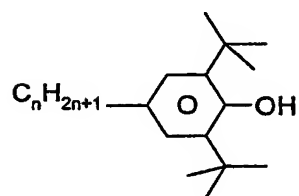
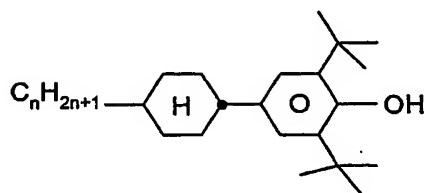
Die erfindungsgemäßen Medien nach der vorliegenden Anmeldung können bei Bedarf eine oder mehrere weitere Verbindungen in geringen Mengen als Stabilisatoren oder zur Einstellung des spezifischen Widerstands enthalten. Sie enthalten bevorzugt einen oder mehrere Stabilisatoren, bevorzugt ausgewählt aus der Liste der folgenden Verbindungen der Tabelle C.

**Tabelle C**

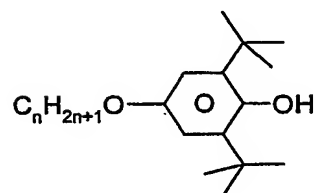
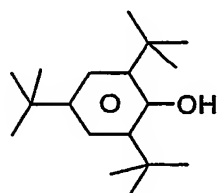
5



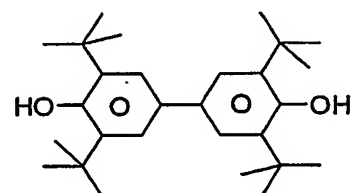
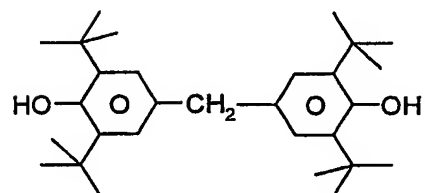
10



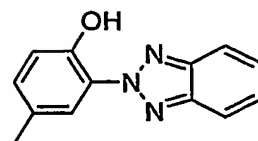
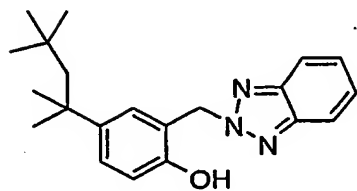
15



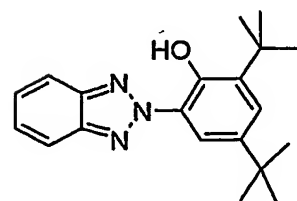
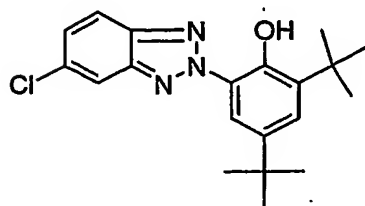
20



25

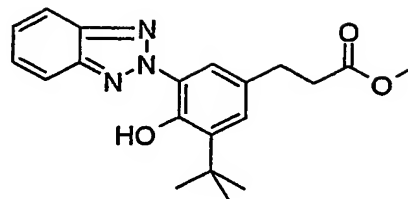
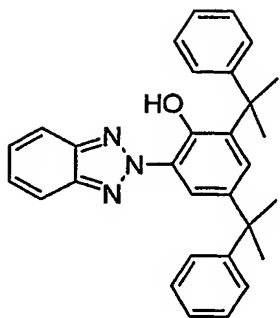


30



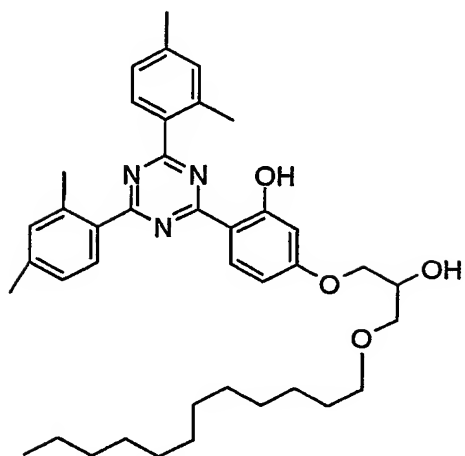
35

5



10

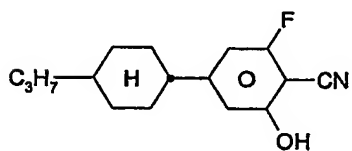
15



20

Eine typische Verbindung, die zur Einstellung des spezifischen Widerstands eingesetzt werden kann, hat die folgende Formel

25



30

35

## Beispiele

Die im Folgenden beschriebenen Beispiele illustrieren die vorliegende Erfindung ohne sie in irgend einer Art zu beschränken. Ferner zeigen sie dem Fachmann welche Eigenschaften und insbesondere welche Eigenschaftskombinationen mit der vorliegenden Erfindung erreicht werden können.

### Beispiel 1 und Vergleichsbeispiele 1a bis 1d

#### Vergleichsbeispiel 1a

Die achirale Flüssigkristallmischung AM-1 mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	T(N,I)	= 5,7 °C
			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
1	UZU-3A-N	7,5	$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 55,0
2	GZU-3A-N	15,0		
3	GZU-4A-N	15,0		
4	GZU-4O-N	15,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 45,0 V
5	PU-3-AN	10,0	$dV_{70}(T(N,I)+2^\circ)/dT$	= 11,5 V/Grad
6	PTU-4O-N	15,0	$dV^*_{70}(V_{70})/dT$	26 %/Grad
6	CUZU-2-N	15,0		
7	CUZU-3-N	7,50		
$\Sigma$		100,0		

Diese Flüssigkristallmischung wurde in eine Testzelle gefüllt und bei einer Temperatur von 7,7°C, sowie über einen Temperaturbereich von 6,2°C bis bei 10,7°C (5° oberhalb des Klärpunkts) bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht.

Die verwendete Testzelle wies interdigitale Elektroden auf nur einem der beiden Substrate auf. Eine elektrooptische Testzelle mit einem Lichtschalt-element enthaltend die Flüssigkristallmischung wurde hergestellt. Die

Substrate bestanden aus Glas. Es wurden Substrate ohne Orientierungsschicht und ohne Passivierungsschicht verwendet. Die Elektrodenstruktur bestand aus ineinander verzahnten kammförmigen Elektroden. Der Abstand der Elektroden betrug  $10\text{ }\mu\text{m}$  und die Breite der Elektroden voneinander betrug  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Die Schichtdicke der Elektroden betrug ca.  $100\text{ nm}$ . Die Elektroden befanden sich alle in einer gemeinsamen Ebene. Die Schichtdicke des Steuermediums betrug ca.  $10\text{ }\mu\text{m}$ .

Es wurde ein erster Polarisator vor und als Analysator ein zweiter Polarisator hinter der Zelle benutzt. Die Absorptionsachsen der beiden Polarisatoren bildeten einen Winkel von  $90^\circ$  zueinander. Der Winkel zwischen der Achse der maximalen Absorption der Polarisatoren und der Komponente des elektrischen Felds in der Ebene der Anzeige betrug jeweils  $45^\circ$ . Die Spannungs-Transmissions-Kennlinie wurde mit einem elektrooptischen Meßplatz DMS 703 der Firma Autronic-Melchers, Karlsruhe, Deutschland bestimmt. Bei senkrechter Beobachtung wurde eine Kurve erhalten wie sie für eine Zelle mit elektrisch kontrollierter Doppelbrechung (z.B. ECB) typisch ist.

Mit steigender Temperatur oberhalb des Klärpunkts des Mediums nehmen die charakteristischen Spannungen monoton zu. Bei  $7,7^\circ\text{C}$  beträgt  $V_{70}$   $45\text{ V}$ . Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1: Charakteristische Spannungen verschiedener Beispiele

Beispiel	V. 1a	1	2c	2d	3b
Komponente (B)	AM-1		AM-2		AM-3
Komponente (A)	keine	BC*HC	DM-2	PPX*	BC*HC
Konz. (A) / %	0	3	15	10	5
T(N,I) / °C	5,7	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
T <sub>char.</sub> / °C	5,7	11,5	-8,2	9	36,3
Elektrodenabstand 10 µm, Elektrodenbreite 10 µm					
Charakteristische Spannungen					
T - T <sub>char.</sub> / °	V <sub>70</sub> / V				
0,5	22	27	31	n.b.	31
1,0	31	33	38	36,5	34
1,5	39	38	43	38,5	36
2,0	45	42	49	40,5	37
2,5	n.b.	n.b.	n.b.	42,5	38
3,0	55	51	59	44,5	39
4,0	63	58	67	49	42
5,0	71	65	73	52	46
Temperaturabhängigkeit					
V <sub>70</sub> (T <sub>char.</sub> +2°) / V	45	42	49	40,5	37
dV <sub>70</sub> /dT / V/Grad	11,5	8	10,5	4	2,5
dV* <sub>70</sub> /dT / %/Grad	26	19	21	9,9	6,8

Bemerkungen: BC\*HC: B(OC)2C\*H-C-3,  
 PPX\*: (1OPZPZ)2X\*,  
 n.b.: nicht bestimmt,  
 dV<sub>70</sub>/dT: [V<sub>70</sub>(T<sub>char.</sub>+3°) - V<sub>70</sub>(T<sub>char.</sub>+1°) / (2°)],  
 dV\*<sub>70</sub>/dT: [V<sub>70</sub>(T<sub>char.</sub>+3°) - V<sub>70</sub>(T<sub>char.</sub>+1°) / (V<sub>70</sub>(T<sub>char.</sub>+2°) · 2°)].

Beispiel 1

Es wird eine Mischung aus 97% der achiralen Flüssigkristalmischung AM-1 des Vergleichsbeispiels 1a und 3% der chiralen Verbindung B(OC)2C\*H-C-3 hergestellt und untersucht. Die chirale Verbindung hat in der verwendeten Form bei 20°C eine HTP von +137  $\mu\text{m}^{-1}$  (in MLC-6828) und in MLC-6260 von +104  $\mu\text{m}^{-1}$ .

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	B(OC)2C*H-C-3	3,0	$T_{\text{char.}}$	= 11,5 °C
2	UZU-3A-N	7,28	$\varepsilon_{\text{av.}}(T_{\text{char.}}+6^\circ)$	= 69,9
3	GZU-3A-N	14,55	$V_{70}(T_{\text{char.}}+0,5^\circ)$	= 23 V
4	GZU-4A-N	14,55	$dV_{70}(T_{\text{char.}}+0,5^\circ)/dT$	= 2 V/°
5	GZU-4O-N	14,55	$dV_{70}^*/(V_{70})/dT$	= 9 %/°
6	PU-3-AN	9,7	$V_{70}(T_{\text{char.}}+2^\circ)$	= 40 V
7	PTU-4O-N	14,55	$dV_{70}(T_{\text{char.}}+2^\circ)/dT$	= 20 V/°
8	CUZU-2-N	14,55	$dV_{70}^*/(V_{70})/dT$	= 45 %/°
9	CUZU-3-N	7,28	$V_{70}(T_{\text{char.}}+2,2^\circ)$	= 42 V
$\Sigma$		100,0		

Die Mischung weist eine Blaue Phase über einen Bereich von ca. 2 Grad mit der folgenden Phasensequenz auf: N\* 11,5°C BP 13,5°C I.

Die Mischung wird, wie bei Vergleichsbeispiel 1a beschrieben, in eine Testzelle gefüllt und beschrieben untersucht. Insbesondere werden ihre elektrooptischen Eigenschaften bei Temperatur bis zu einigen Grad oberhalb ihrer charakteristischen Temperatur untersucht. Die Ergebnisse sind zum Vergleich mit denen des Vergleichsbeispiels 1a in Tabelle 1 enthalten.

Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, sind die charakteristische Spannung  $V_{70}$  der Flüssigkristallschaltelemente des Beispiels 1 bei Temperaturen nahe oberhalb der charakteristischen Temperatur etwas größer als die des Vergleichsbeispiels 1a bei den entsprechenden



5 Temperaturen. Die charakteristische Spannung der Flüssigkristallschalt-  
elemente des Beispiels 1 nimmt wie die des Vergleichsbeispiels 1a mit  
steigender Temperatur monoton zu. Jedoch ist die Zunahme der  
charakteristische Spannung bei den Flüssigkristallschaltelementen des  
10 Beispiels 1 zunächst deutlich geringer als bei denen des  
Vergleichsbeispiels 1, so dass die beiden Schaltelemente bereits bei einer  
Temperatur von 1,5° oberhalb ihrer Referenztemperatur nahezu die selbe  
Spannung  $V_{70}$  zeigen. Die Temperaturabhängigkeit bei einer Temperatur  
von 2° oberhalb der jeweiligen charakteristischen Temperatur wird im  
15 Vergleich der Lichtsteuerelemente des Vergleichsbeispiels 1a mit denen  
des Beispiels 1 von über 25% auf unter 20% verringert. Bei einer  
Temperatur von 0,5° oberhalb der charakteristischen Temperatur beträgt  
hier die relative Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannung  
 $dV^*_{70}/(V_{70})/dT$  9 %/° und bei einer Temperatur von 2° oberhalb der  
20 charakteristischen Temperatur beträgt die relative Temperaturabhängigkeit  
der charakteristischen Spannung  $dV^*_{70}/(V_{70})/dT$  45 %/°.

Bei den Mischungen des Beispiels 1 und des Vergleichsbeispiels 1a  
wurden zusätzlich Zellen mit einem Elektrodenabstand von 15 µm und  
25 einer Elektrodenbreite von 10 µm untersucht. Die Ergebnisse sind in  
Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Charakteristische Spannungen

Beispiel:	V. 1a	V. 1b	V. 1c	V. 1d	1
Komponente (A)	Keine				BC*HC
Konz. (A) /%	0				3
Komponente (B)	AM-1	s. Text	s. Text	s. Text	AM-1
Physikalische Parameter					
$T(N,I) / ^\circ\text{C}$	5,7	23,8	23,7	14,3	n.b.
$T_{\text{char.}+2^\circ} / ^\circ\text{C}$	7,7	25,8	25,7	16,3	13,5
$\varepsilon_{\text{av.}}(T_{\text{char.}+4^\circ})$	55,0	24,0	58,5	62,2	69,9
Elektrodenabstand 15 $\mu\text{m}$ , Elektrodenbreite 10 $\mu\text{m}$					
Temperaturabhängigkeit					
$V_{70}(T_{\text{char.}+2^\circ}) / \text{V}$	67	134	71	70	40 <sup>§</sup>
$dV_{70}/dT / \text{V/Grad}$	17	38	18	17	2 <sup>§</sup>
$dV^*_{70}/dT / \text{\%/Grad}$	25	28	25	24	9 <sup>§</sup>

Bemerkungen: siehe Tabelle 1,  
 BC\*HC: B(OC)2C\*H-C-3,  
 §: Werte bei  $T_{\text{char.}+0,5^\circ}$ .  
 Der Abstand Elektroden der verwendeten Zellen betrug hier, in Tabelle 2, ausnahmsweise 15  $\mu\text{m}$ .

#### Vergleichsbeispiele 1b bis 1d

Bei den Vergleichsbeispielen 1b bis 1d wurden, im Gegensatz zu Beispiel 1, wie bei Vergleichsbeispiel 1a achirale Steuermedien verwendet. Hier wurden jedoch Steuermedien verwendet, die andere Zusammensetzungen aufwiesen, als das Steuermedien des Vergleichsbeispiels 1a.

Vergleichsbeispiel 1b

Es wurde eine Mischung mit der folgenden Zusammensetzung und mit den folgenden Eigenschaften hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	T(N,I)	= 23,8 °C
1	ME2N.F	3,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,1444
2	ME3N.F	3,0		
3	ME4N.F	8,0	$\Delta \epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 27,3
4	ME5N.F	8,0		
5	UM-3-N	4,0	$\epsilon_{\text{av.}}(T(N,I)+4^\circ)$	= 24,0
6	PTG-3-N	8,0		
7	PTG-5-N	8,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 89 V
8	PTU-4O-N	8,0		
9	PU-3-AN	8,0	$dV_{70}/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 25 V/Grad
10	PU-5-AN	8,0		
11	PGU-2-F	10,0		
12	PGU-3-F	10,0		
13	PGU-5-F	10,0		
14	HP-3N.F	4,0		
$\Sigma$		100,0		

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Vergleichsbeispiel 1c

Es wurde eine Mischung mit der folgenden Zusammensetzung und mit den folgenden Eigenschaften hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	UZU-3A-N	12,0	$T(N,I)$	= 23,7 °C
2	UZU-5A-N	12,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,0925
3	GZU-3A-N	12,0	$\Delta \varepsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 46,1
4	GZU-4A-N	11,0	$\Delta H(N,I)$	= 0,80 J/g
5	GZU-4O-N	10,0	$\varepsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 58,5
6	UVZG-3-N	10,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 47 V
7	CUZU-2-N	10,0	$dV_{70}/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 10 V/Grad
8	CUZU-3-N	10,0		
9	CUZU-4-N	10,0		
10	HP-5N.F	3,0		
$\Sigma$		100,0		

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Vergleichsbeispiel 1d

Es wurde eine Mischung mit der folgenden Zusammensetzung und mit den folgenden Eigenschaften hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	T(N,I)	= 14,3 °C
1	UZG-5A-NO2	10,0	$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
2	UZU-3A-N	10,8	$\epsilon_{\text{av.}}(T(N,I)+4^\circ)$	= 62,2
3	UZU-5A-N	10,8	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 47 V
4	GZU-3A-N	10,8	$dV_{70}/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 11 V/Grad
5	GZU-4A-N	9,9		
6	GZU-4O-N	9,0		
7	UVZG-3-N	9,0		
8	CUZU-2-N	9,0		
9	CUZU-3-N	9,0		
10	CUZU-4-N	9,0		
11	HP-5N.F	2,7		
$\Sigma$		100,0		

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Medien der Vergleichsbeispiele 1b bis 1d wurden, wie bei Beispiel 1 und Vergleichsbeispiel 1a, in Zellen mit einem Elektrodenabstand von 15  $\mu\text{m}$  und einer Elektrodenbreite von 10  $\mu\text{m}$  untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Wie man aus Tabelle 2 ersehen kann, ist die Temperaturabhängigkeit der relativen charakteristischen Spannung  $V_{70}$  für alle vier Vergleichsbeispiele mit ca. 25% nahezu gleich groß, wohingegen sie bei Beispiel 1 nur 19% beträgt.

Beispiele 2a bis 2d und Vergleichsbeispiel 2Vergleichsbeispiel 2

- 5 Zunächst wird die achirale Mischung AM-2 der folgenden Zusammen-  
setzung hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	UZU-3A-N	15,0	$T(N,l)_{\text{bulk}}$	= 22,5 °C
2	UZU-5A-N	5,6	$T_{\text{char.}}$	= 24,4
3	GZU-3A-N	15,0	$\varepsilon_{\text{av.}}(T_{\text{char.}}+4^\circ)$	= 60,8
4	GZU-4A-N	15,0	$V_{70}(T_{\text{char.}}+2^\circ)$	= 59 V
5	GZU-4O-N	12,0	$dV_{70}/dT(T_{\text{char.}}+2^\circ)$	= 10 V/Grad
6	CUZU-2-N	11,0	$dV_{70}^*/(V_{70})/dT$	= 17 %/Grad
7	CUZU-3-N	11,0		
8	CUZU-4-N	11,0		
9	HP-3N.F	4,4		
$\Sigma$		100,0		

Beispiel 2a

25 Es wird eine Mischung aus 90% der achiralen Flüssigkristallmischung  
AM-2 des Vergleichsbeispiels 2 und 10% der chiralen Verbindung  
B(OC)2C\*H-C-3 hergestellt und untersucht. Diese Mischung hatte eine  
charakteristische Temperatur von 22,5°C, die in der Zelle jedoch 24,4°C  
betrug, was hier als charakteristische Temperatur angenommen wird. Die  
Temperaturabhängigkeit der Spannung  $V_{70}$  ist in der folgenden Tabelle  
30 (Tabelle 3) dargestellt.

Tabelle 3: Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen des Beispiels 2a

#	T / °C	V <sub>70</sub> / V
1	- 19,3	156
2	-17,3	116
3	-15,5	93
4	-13,5	82
5	-11,6	80
6	-9,6	82
7	-7,7	88
8	-5,6	94
9	-3,7	102
10	-1,9	108
11	2,0	125
12	5,9	143
13	9,7	164

Wie man aus dieser Tabelle (Tabelle 3) ersehen kann, nimmt die charakteristische Spannung  $V_{70}$  der Zelle mit dieser dotierten Mischung, nicht wie bei dem Vergleichsbeispiel 1a und bei Beispiel 1 mit steigender Temperatur zu, vielmehr nimmt sie zunächst mit steigender Temperatur ab, durchläuft dann bei ca.  $-11,6^{\circ}\text{C}$  ein Minimum und steigt erst dann mit weiter steigender Temperatur wieder an. Die Temperatur von  $-11,6^{\circ}\text{C}$  wird, nach der Vorliegenden Anmeldung, als charakteristische Temperatur bezeichnet, da die charakteristische Spannung ein Minimum durchläuft. In einem Temperaturbereich von ca.  $\pm 3^{\circ}$  um diese Temperatur (also  $T_{\text{Char.}} = -11,6^{\circ}\text{C}$ ) verschwindet die Temperaturabhängigkeit ( $dV_{70}/dT$ ) nahezu, beträgt also ca.  $0\text{V/Grad}$ .

Hier wird als Phasenbereich der Blauen Phase der Bereich von einer Temperatur von  $-19,3^{\circ}\text{C}$  bis  $13^{\circ}\text{C}$  angegeben. Die Spannung erreicht bei tiefen Temperaturen nur  $156\text{ V}$ , also weniger als das Doppelte des Werts der minimalen Spannung von  $80\text{ V}$ . Die Untergrenze des Temperaturbereichs die Temperatur bei der der elektrooptische Effekt zuerst ausgenutzt werden kann nach der beobachteten Schaltzeit ermittelt

werden. Bei einer Temperatur von 13°C wird mit 164 V etwas mehr als das Doppelte des Werts der minimalen Spannung erreicht. Bei der Angabe dieser oberen Grenze wird, wie im entsprechenden Fall auch bei der unteren Grenze, auf eine Interpolation auf Werte mit einer Genauigkeit von unter einem Grad verzichtet.

### Beispiel 2b

85% der achiralen Flüssigkristallmischung AM-2 des Beispiels 1 wurde mit 15% der Dotierstoffmischung DM-1 mit der folgenden Zusammensetzung.

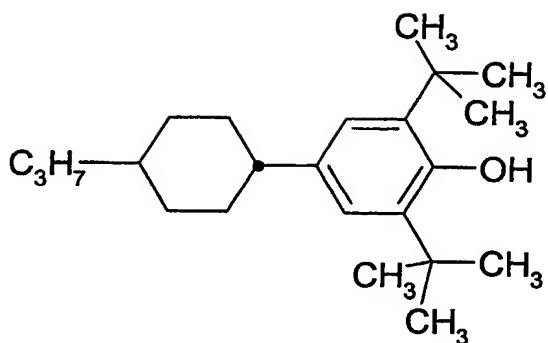
Zusammensetzung DM-1				
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	HTP(MLC-6828) / $\mu\text{m}^{-1}$	HTP(MLC-6260) / $\mu\text{m}^{-1}$
1	B(OC)2C*H-C-3	28,6	+137	+104
2	(6OPZ) <sub>2</sub> X*	14,2	+58	n.b.
3	(1OPZPZ) <sub>2</sub> X*	14,3	+80	n.b.
4	SS-(5CPZ)2BE	14,2	-56	n.b.
5	RR-(5CPZ)2BE	14,3	+56	n.b.
6	R-1011	14,4	n.b.	+27
$\Sigma$		100,0		

Bemerkungen: siehe Tabelle 1

Die in der Dotierstoffmischung DM-1 verwendeten chiralen Verbindungen haben alle, bis auf eine Ausnahme, einen hohen, positiven Wert der HTP in der Referenzmischung mit der angegebenen Zusammensetzung.

Für das resultierende Steuermedium konnte unter dem Mikroskop bei Temperaturen bis -20°C kein Klärpunkt und kein Übergang in die Blaue Phase bestimmt werden. Die Mischung aus 85% AM-2 und 15% DM-1 wird mit 0,1% des Phenols der Formel





versetzt, in eine Testzelle gefüllt und, wie im Vergleichsbeispiel 1a beschrieben, untersucht. Insbesondere werden ihre elektrooptischen Eigenschaften bei verschiedenen Temperaturen oberhalb ihrer charakteristischen Temperatur bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt und zum Vergleich mit denen des Beispiels 2a, in Tabelle 5 enthalten.

Tabelle 4: Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen  
des Beispiels 2b

#	T / °C	V <sub>70</sub> / V
1	-11,4	71
2	-10,5	67
3	-9,5	65
4	-8,5	64
5	-7,5	65
6	-6,6	68
7	-5,6	71
8	-3,6	81
9	-2,7	85
10	-1,8	90
11	-0,9	94
12	0,1	100
13	1,2	106
14	2,2	111
15	4,0	121

Wie man aus dieser Tabelle (Tabelle 4) ansehen kann, ist die charakteristische Spannung  $V_{70}$  der Zelle mit dieser dotierten Mischung über einen Temperaturbereich von  $-11,4^{\circ}\text{C}$  bis  $-5,6^{\circ}\text{C}$  nahezu unabhängig von der Temperatur.

Wie bei Beispiel 2a nimmt auch hier  $V_{70}$  mit steigender Temperatur zunächst ab und steigt erst dann mit weiter steigender Temperatur wieder an. Das Minimum von  $V_{70}$  liegt bei ca.  $-8,5^{\circ}\text{C}$ . In einem Temperaturbereich von ca.  $\pm 2^{\circ}$  um diese Referenztemperatur verschwindet auch hier die Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannung ( $dV_{70}/dT$ ) nahezu vollständig (vergleiche Tabelle 5).

Tabelle 5: Temperaturabhängigkeit der charakteristischen Spannungen der Beispiele 2a und 2b

Beispiel	2a	2b		
Komp. (B)	AM-2			
Komp. (A)	B(OC)2C*H-C-3	DM-1		
Konz. (A)/%	10	15		
T <sub>Char.</sub> /°C	-11,6	-8,5		
Temperaturabhängigkeit				
T - T <sub>Char.</sub> <sup>s</sup> /Grad	ΔV <sub>70</sub> /ΔT / V/Grad	ΔV* <sub>70</sub> /ΔT / %/Grad	ΔV <sub>70</sub> /ΔT / V/Grad	ΔV* <sub>70</sub> /ΔT / %/Grad
+1	2	1	2	3
+2	2,5	3	4	4
+3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
+4	3	3	4,5	5,5
+6	3,5	3,5	5	6
+8	4	3,5	5,5	5,5

Bemerkungen: siehe Tabelle 1,  
 $\Delta V_{70}/\Delta T (T): [V_{70}(T+1^\circ) - V_{70}(T-1^\circ) / (2^\circ)]$ ,  
 $\Delta V^*_{70}/\Delta T (T): [V_{70}(T+1) - V_{70}(T-1^\circ) / (V_{70}(T) \cdot 2^\circ)]$ ,  
 §: hier wurde der Temperaturbereich nur einseitig erweitert.

#### Beispiel 2c

Die Flüssigkristallmischung AM-2 des Vergleichsbeispiels 2 wurde zu 85% wie bei Beispiel 2b wieder mit 15% der einer Dotierstoffmischung gemischt. Hier wurde jedoch die Dotierstoffmischung DM-2 mit der folgenden Zusammensetzung verwendet.

Zusammensetzung DM-2				
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	HTP(MLC-6828) / $\mu\text{m}^{-1}$	HTP(MLC-6260) / $\mu\text{m}^{-1}$
1	BO2C*F-CC-3	18,3	n.b.	n.b.
2	BO2C*F-5	35,8	+59	n.b.
3	RR-(5CPZ)2BE	18,2	+56	n.b.
4	(1OPZPZ) <sub>2</sub> X*	9,3	+80	n.b.
5	R-1011	18,4	n.b.	+27
$\Sigma$		100,0		

Bemerkungen: siehe Tabelle 1,

Die in der Dotierstoffmischung DM-2 verwendeten chiralen Verbindungen haben in der Referenzmischung Werte der HTP, die mit steigender Temperatur zunehmen. Die resultierende Mischung hat eine charakteristische Temperatur.

Die Mischung aus 85% AM-2 und 15% DM-2 wird mit 0,1% des in Beispiel 2b verwendeten Phenols versetzt, in eine Testzelle gefüllt und untersucht, wie im Vergleichsbeispiel 1a beschrieben. Insbesondere werden ihre elektrooptischen Eigenschaften bei verschiedenen Temperaturen oberhalb ihrer charakteristischen Temperatur bestimmt. Diese Ergebnisse sind, zum Vergleich mit denen des Vergleichsbeispiels 1a und des Beispiels 1, ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

#### Beispiel 2d

Zu der Mischung AM-2 des Vergleichsbeispiels 4 wurden 10% der chiralen Verbindung (1OPZPZ)<sub>2</sub>X\* gegeben.

Bei der resultierenden Mischung konnte keine Blaue Phase direkt beobachtet werden. Aus den elektrooptischen Daten wurde ein Phasenübergangsbereich von  $-5^{\circ}\text{C}$  bis  $9^{\circ}\text{C}$  abgeleitet. Als charakteristische Temperatur wurde hier ausnahmsweise  $9^{\circ}\text{C}$

angenommen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle, Tabelle 6 dargestellt und, zum Vergleich, ebenfalls in Tabelle 1 aufgenommen.

Tabelle 6: Charakteristische Spannungen des Beispiels 2d

Beispiel:	V. 2	2d
Komponente (A)	AM-2	
Komponente (B)	keine	(1OPZPZ)2X*
Konzentration (B) / %	0	10
Physikalische Parameter		
$T_{\text{Char.}} / ^\circ\text{C}$	24,4	9
Elektrodenabstand 10 $\mu\text{m}$ , Elektrodenbreite 10 $\mu\text{m}$		
Charakteristische Spannungen		
$T-T(N,I) / ^\circ$	$V_{70} / \text{V}$	
1,0	n.b.	36,5
1,5	n.b.	38,5
2,0	59	40,5
2,5	n.b.	42,5
3,0	n.b.	44,5
4,0	n.b.	49
5,0	n.b.	52
Temperaturabhängigkeit		
$V_{70}(T(N,I)+2^\circ) / \text{V}$	59	40,5
$dV_{70}/dT / \text{V/Grad}$	10	4
$dV_{70}^*/dT / \text{%/Grad}$	17	10

Bemerkungen: siehe Tabelle 1.

Beispiele 3a bis 3f und Vergleichsbeispiel 3Vergleichsbeispiel 3

- 5 Als achirale Ausgangsmischung wurde die Mischung AM-3 mit der folgenden Zusammensetzung hergestellt.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%	T(N,I)	= 56,8 °C
1	GZU-3A-N	15,0		
2	GZU-4A-N	15,0		
3	GZU-4O-N	15,0		
4	UZU-3A-N	8,0		
5	CUZU-2-N	9,0		
6	CUZU-3-N	9,0		
7	CUZU-4-N	9,0		
8	HP-3N.F	6,0		
9	HP-4N.F	6,0		
10	HP-5N.F	8,0		
Σ		100,0		

25 Diese Mischung wurde als solche untersucht. Die charakteristische Temperatur betrug 60 °C. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 gezeigt.

Beispiele 3a bis 3c

30 Zu der Mischung AM-3 des Vergleichsbeispiels 3 wurden alternativ 3%, 5%, bzw. 7% der in Beispiel 1 verwendeten chiralen Verbindung B(OC)2C\*H-C-3 gegeben (Beispiele 3a, 3b bzw. 3c). Die resultierenden Mischungen wiesen einen Phasenübergang in die Blaue Phase bei ca. 24°C, 36°C, bzw. 46°C auf. Als charakteristische Temperaturen wurden hier 24,3°C, 36,3°C bzw. 45,9°C angenommen. Die Ergebnisse sind in

35 Tabelle 7 zusammengestellt und die des Beispiels 3b ebenfalls in Tabelle 1 aufgenommen.

Tabelle 7: Charakteristische Spannungen der Beispiele 3a bis 3c

Beispiel:	V. 3	3a	3b	3c
Komponente (B)	AM-3			
Komponente (A)	keine	B(OC)2C*H-C-3		
Konzentration (A) / %	0	3,0	5,0	7,0
Physikalische Parameter				
T(N,I) / °C	56,8	n.b.	n.b.	n.b.
T <sub>Char.</sub> / °C	60	45,9	36,3	24,3
Elektrodenabstand 10 µm, Elektrodenbreite 10 µm				
Charakteristische Spannungen				
T-T(N,I) / °	V <sub>70</sub> / V			
0,5	n.b.	23	31	35
1,0	76	23,5	34	37
1,5	84	24,5	36	39
2,0	92	25	37	41
2,5	100	28	38	43
3,0	107	n.b.	39	45
4,0	121	n.b.	42	48
5,0	135	n.b.	46	50
Temperaturabhängigkeit				
V <sub>70</sub> (T <sub>Char.</sub> +2°) / V	92	25	37	41
dV <sub>70</sub> /dT / V/Grad	15.	3,5 <sup>§</sup>	2,5	4
dV* <sub>70</sub> /dT / %/Grad	17	14 <sup>§</sup>	6,8	9,6

Bemerkungen: siehe Tabelle 1.

§: dV<sub>70</sub>/dT:  $[V_{70}(T_{\text{char.}} + 2,5^\circ) - V_{70}(T_{\text{char.}} + 1,5^\circ)] / (1^\circ)$

dV\*<sub>70</sub>/dT:

$[V_{70}(T_{\text{char.}} + 2,5^\circ) - V_{70}(T_{\text{char.}} + 1,5^\circ)] / (V_{70}(T_{\text{char.}} + 1^\circ) \cdot 1^\circ)$

Beispiele 3d bis 3f

Als achirale Ausgangsmischung wurde wieder die Mischung AM-3 der Beispiele 3a bis 3c verwendet.

Zu dieser Mischung (AM-3) wurden 10%, 13%, bzw. 16% der (in Beispiel 1 verwendeten) chiralen Verbindung B(OC)2C\*H-C-3 gegeben. Die resultierenden Mischungen (Beispiele 3d, 3e bzw. 3f) wiesen einen Phasenübergang von der cholesterischen in die Blaue Phase bei einer Temperatur von 6°C (Beispiel 3d) bzw. ein Minimum der Kennlinie der charakteristischen Spannungen bei Temperaturen von 1°C (Beispiel 3e) bzw. 0,3°C (Beispiel 3f) auf. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle, Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Charakteristische Spannungen

Beispiel:	V. 3	3d	3e	3f
Komponente (B)	AM-3			
Komponente (A)	keine	B(OC)2C*H-C-3		
Konzentration (A) / %	0	10,0	13,0	16,0
Physikalische Parameter				
T <sub>Char.</sub> / °C	60	6	1	0,3
ΔT(BP) / Grad	0*	17	33	35
Elektrodenabstand 10 μm, Elektrodenbreite 10 μm				
Charakteristische Spannungen bzw. Temperaturabhängigkeit				
T <sub>Char</sub> +2° / Grad	62	25	3	2,3
V <sub>10</sub> (T+2°) / V	60	33	50	79
dV <sub>10</sub> /dT / V/Grad	10	1	1	1
dV* <sub>10</sub> /dT / %/Grad	17	3	2	1,2

Bemerkungen: siehe Tabelle 1

\* es konnte keine Blaue Phase beobachtet werden.



## Patentansprüche

### 1. Elektrooptisches Lichtsteuerelement umfassend

- ein Substrat oder mehrere Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- ein Element oder mehrere Elemente zur Polarisierung des Lichts und
- ein Steuermedium,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei der sich das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in einer optisch isotropen Phase befindet und, dass mindestens eine der folgenden beiden Bedingungen (a) und (b) erfüllt ist:

(a) das mesogene Steuermedium weist eine Blaue Phase auf,

(b) das mesogene Steuermedium enthält

- eine chirale Komponente, Komponente (A), die aus einer oder mehreren chiralen Verbindungen besteht und
- optional eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht.

### 2. Elektrooptisches Lichtsteuerelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- (c) die Elektrodenanordnung ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann.

### 3. Elektrooptisches Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- (d) das mesogene Steuermedium eine Blaue Phase aufweist.

4. Elektrooptisches Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- (e) das mesogene Steuermedium eine chirale Komponente, Komponente (A), die aus einer oder mehreren chiralen Verbindungen besteht, und
- (f) optional eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht, enthält.
5. Elektrooptisches Lichtsteuerelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- (g) das mesogene Steuermedium eine chirale Komponente, Komponente (A), die aus einer oder mehreren chiralen Verbindungen besteht, und
- (h) eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht, enthält.
6. Elektrooptisches Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass
- (i) die relative Temperaturabhängigkeit ( $dV_{10}/dT$ ) der charakteristischen Spannung für 10% relativen Kontrast ( $V_{10}$ ) des Steuermediums bei einer Temperatur von  $2^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur ( $T_{Char.}$ ) im Bereich von  $\pm 1^\circ$  um diese Temperatur 30%/Grad oder weniger beträgt.
7. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
- (j) die relative Temperaturabhängigkeit ( $dV_{10}/dT$ ) 23%/Grad oder weniger beträgt.
8. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
- (k) die charakteristischen Spannung für 10% relativen Kontrast ( $V_{10}$ ) bei einer Temperatur von  $2^\circ$  oberhalb der charakteristischen Temperatur ( $T_{Char.}$ ) des Steuermediums in Zellen 80 V, bevorzugt 60 V oder weniger beträgt.

9. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 (l) das mesogene Steuermedium eine chirale Komponente, Komponente (A), die aus zwei oder mehr chiralen Verbindungen besteht, enthält.
10. Lichtsteuerelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 (m) das alle chiralen Verbindungen der Komponente (A) das selbe Vorzeichen der HTP bei 20°C in der Referenzmischung haben.
11. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass
- 15 (n) der Betrag der HTP einer oder mehrerer der chiralen Verbindungen der Komponente (A) bei 20°C in der Referenzmischung  $10 \mu\text{m}^{-1}$  oder mehr beträgt.
12. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 (o) das mesogene Steuermedium eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht, enthält.
13. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 (p) die dielektrische Suszeptibilität ( $\epsilon_{av.}$ ) des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb der Umwandlungstemperatur von der Blauen Phase, bzw. von der cholesterischen Phase in die optisch isotrope Phase 40 oder
- 30 mehr, bevorzugt 55 oder mehr beträgt.
14. Lichtsteuerelement mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass
- 35 (q) die optische Anisotropie bei einer Temperatur von 4 Grad unterhalb der Übergangstemperatur von der

cholesterischen in die optisch isotrope Phase 0,050 oder mehr, bevorzugt 0,080 oder mehr beträgt.

- 5      15. Elektrooptische Anzeige enthaltend ein oder mehrere Lichtsteuerelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14.
16. Elektrooptische Anzeige nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige mittels einer aktiven Matrix angesteuert wird.
- 10      17. Elektrooptisches Anzeigesystem enthaltend eine oder mehrere elektrooptische Anzeigen nach mindestens einem der Ansprüche 15 und 16.
- 15      18. Elektrooptisches Anzeigesystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass es als Fernseh Bildschirm, als Computermonitor oder als beides verwendet werden kann.
- 20      19. Verwendung eines Lichtsteuerelements nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Darstellung von Information.
- 25      20. Verwendung einer elektrooptischen Anzeige nach mindestens einem der Ansprüche 17 und 18, in einem elektrooptischen Anzeigesystem.
- 30      21. Verwendung eines elektrooptischen Anzeigesystems nach mindestens einem der Ansprüche 17 und 18, zur Darstellung von Videosignalen oder von digitalen Signalen.
- 35      22. Mesogenes Steuermedium zur Verwendung in einem elektrooptischen Lichtsteuerelement, dadurch gekennzeichnet, dass (r) es eine optisch isotrope Phase, bevorzugt eine Blaue Phase, im Bereich von 0°C oder weniger bis 80°C oder mehr aufweist.
23. Mesogenes Steuermedium nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass es

- (s) eine chirale Komponente, Komponente (A), die aus einer oder mehreren chiralen Verbindungen besteht und
- (t) optional eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren chiralen und / oder achiralen Verbindungen besteht, enthält.

5

24. Mesogenes Steuermedium nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass es

- (u) eine achirale Komponente, Komponente (B), die aus einer oder mehreren chiralen und / oder achiralen Verbindungen besteht, enthält.

10

25. Mesogenes Steuermedium nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass es

- (v) die Komponente (B) aus einer oder mehreren achiralen Verbindungen besteht.

15

26. Medium nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass

- (w) die Komponente (B) aus einer oder mehreren chiralen Verbindungen besteht.

20

27. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass

- (x) es eine charakteristische Temperatur im Bereich von 0°C bis 60°C aufweist.

25

28. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass

- (y) die Blaue Phase einen Temperaturbereich von 5 Grad oder mehr als 5 Grad aufweist.

30

29. Medium nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass

- (z) die Blaue Phase einen Temperaturbereich von 10 Grad oder mehr als 10 Grad aufweist.

35

### **Zusammenfassung**

Die vorliegende Erfindung betrifft elektrooptische Lichtsteuer-elemente solche Elemente enthaltende elektrooptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore, sowie die darin verwendeten Steuermedien. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten ein mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerelemente in einer optisch isotropen Phase vorliegt und sind neben einem guten Kontrast, einer geringen Blickwinkelabhängigkeit und sehr kurzen Schaltzeiten, besonders durch relativ niedrige Ansteuerspannungen mit einer sehr geringen Temperaturabhängigkeit ausgezeichnet. Die erfindungsgemäßen Steuermedien zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine chirale Komponente enthalten. Bevorzugt enthalten sie auch eine achirale Komponente. Besonders bevorzugt weisen die Steuermedien eine Blaue Phase auf.